

Ciência & Cultura

TEMAS E TENDÊNCIAS

Q U Í M I C A

H_2O $N \equiv N$ $6SiO_2$ CO_2 [$H-O-O$

M
g

S

O

7

L



O UNIEMP foi fundado em 1992 com o objetivo de promover e desenvolver mecanismos que facilitem o relacionamento entre universidades, empresas e o setor público. Essa interação se dá, numa via de mão dupla, com a transferência de conhecimentos e tecnologia da universidade para o setor público e empresas privadas e com a promoção de parcerias que viabilizem o desenvolvimento de pesquisas direcionadas.

Entre os serviços prestados estão:

- sistema de gerenciamento para gestão de projetos de pesquisa, que auxilia sobremaneira os pesquisadores, inclusive com suporte no registro de patentes
- sistema de elaboração de projetos que viabilizam ações de inovação, com gestão administrativa e contatos com agências de fomento

Todas as atividades do UNIEMP estão descritas no site, que pode ser consultado no endereço:
<http://www.uniemp.org.br>

Instituto UNIEMP Rua Joaquim de Paula Souza, nº122 - Sala 2 - Jardim Proença - Campinas/SP
Fone: (19) 2122-5900 e-mail: info@uniemp.org.br

3 EDITORIAL

4 TENDÊNCIAS

NOVA ARQUITETURA CURRICULAR
NA UNIVERSIDADE BRASILEIRA
Naomar de Almeida Filho
Denise Coutinho

BRASIL

6 BRASIL INOVA NAS REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES

9 UM PLANETA QUE PARECE CADA VEZ MAIS INQUIETO

11 CONTROVÉRSIAS NA MEDICINA: COMO FICA O PACIENTE?

MUNDO

14 PROJETO EUROPEU DE PARTICIPAÇÃO PÚBLICA EM C&T SERÁ ESTENDIDO PARA A IBEROAMÉRICA

16 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS GERA DEBATE NO EXTERIOR E NO BRASIL



Móbil representa a evolução filogenética

18 ENTREVISTA: VALORIZANDO A VISUALIZAÇÃO DE DADOS BIOLÓGICOS

NÚCLEO TEMÁTICO: QUÍMICA

ARTIGOS



22
APRESENTAÇÃO
O Brasil no Ano Internacional da Química
Roberto G. S. Berlinck

23
Da parte para o todo: auto-organização dinâmica em sistemas físico-químicos
Hamilton Varela

26
Recentes avanços no estudo das enzimas que hidrolisam o ATP extracelular
Ana Maria Oliveira Battastini
Rafael Fernandes Zanin
Elizandra Braganhol

29
Tendências atuais e as perspectivas futuras da química inorgânica
Heloisa Beraldo

33
A evolução da química orgânica sintética. Quo vadis?
Carlos Roque Duarte Correia
Caio C. Oliveira

37
Os avanços tecnológicos na química analítica: sucessos e desafios
Quezia B. Cass
Juliana Cristina Barreiro

41
Uma breve história da química brasileira
Márcia R. Almeida
Angelo C. Pinto

NOTÍCIAS 45
PESQUISAS 47

A & E

52 A COR NA RIBALTA
Petrônio Domingues

CULTURA

56 **PATRIMÔNIO HISTÓRICO**
Rio, capital do samba



Cidade do Samba, Rio de Janeiro

59 **HISTÓRIA**
Atlas do Comércio Transatlântico de Escravos

61 **DIVULGAÇÃO**
Grupo aposta no relançamento da coleção "Os cientistas"



Kit populariza experimentos científicos

63 **RESENHA**
Para uma geração pós-Blade Runner [2010: muito além da ficção]

66 **POESIA**
CLÁUDIO MAFRA

68 **PROSA**
EVANDRO AFFONSO FERREIRA

E X P E D I E N T E

Ciência&Cultura
<http://cienciaecultura.bvs.br>

CONSELHO EDITORIAL

Ana Maria Fernandes, André Tosi Furtado, Carlos Vogt, Celso Pinto de Melo, Dora Fix Ventura, Francisco Cesar de Sá Barreto, Gilberto Cardoso Alves Velho, Hernan Chaimovich Guralnik, Ima Célia Guimarães Vieira, Isaac Roitman, João Lucas Marques Barbosa, Luiz Eugênio de Mello, Marcelo Marcos Morales, Phillippe Navaux, Regina Pekelman Markus

EDITOR CHEFE
Marcelo Knobel

EDITORA EXECUTIVA
Wanda Jorge

EDITORA ASSISTENTE
Germana Barata

EQUIPE DE REPORTAGEM
Ana Paula Morales, Cristina Caldas,
Enio Rodrigo Barbosa, Leonor Assad,
Milena Szafir, Patrícia Mariuzzo,
Roberto Belisário, Simone Pallone

CAPA
João Baptista da Costa Aguiar

DIAGRAMAÇÃO
Carla Castilho | Estúdio
Victor Buck (assistente de arte)
Luis Paulo Silva (tratamento de imagens)

REVISÃO
Daisy Silva de Lara

CONSULTORES
Literatura
Alcir Pécora, Carlos Vogt, Paulo Franchetti

CONTATOS
Redação
cienciaecultura@sbpcnet.org.br

DIRETORIA DA SBPC
PRESIDENTE
Marco Antônio Raupp

VICE-PRESIDENTES
Helena Bonciani Nader
Otávio G. Cardoso Alves Velho

SECRETÁRIO-GERAL
Aldo Malavasi

SECRETÁRIOS
Dante Augusto Couto Barone
José Antonio Aleixo da Silva
Rute Maria Gonçalves Andrade

TESOUREIROS
José Raimundo Braga Coelho
Lisbeth Kaiserlian Cordani

GESTÃO
ADMINISTRATIVA E FINANCEIRA
Instituto UNIEMP
ENDEREÇO
Rua Joaquim de Paula Souza,
122/sala 02 – Proença – CEP: 13026-210
Campinas – SP

Revista *Ciência e Cultura*
ISSN 0009-6725

A decretação, pela Unesco, do Ano Internacional da Química para 2011, vem consagrar – não só dentro da comunidade científica, mas na sociedade de uma maneira geral – uma nova imagem dessa área do conhecimento de fundamental importância na preservação e na melhoria da vida do planeta e de seus habitantes. A síntese de moléculas que revolucionou o cenário mundial – em particular nas áreas farmacêutica, agrícola e militar – e as propostas mais recentes que constituem um forte apoio ao desenvolvimento dos processos sustentáveis, marcam os avanços e desafios da química, que podem ser percebidos nos artigos que compõem o Núcleo Temático deste número de *Ciência e Cultura*, coordenado por Roberto Berlink, mostrando a importância dessa área do conhecimento para o desenvolvimento científico, tecnológico e social.

Nessa evolução, constata-se ainda que a química é uma área cada vez mais interdisciplinar, o que retrata também uma das novas tendências postas à universidade, assunto que é tratado na seção “Tendências” que aborda a adoção de ciclos básicos abrangentes no início da formação universitária.

A seção “Artigos e Ensaios” mostra o papel do teatro na questão do negro no Brasil. As redes inteligentes, os desastres ambientais, a necessidade de avaliação das políticas públicas, a visualização de dados científicos, a participação pública em C&T são outros assuntos abordados neste número da revista que se encerra pela parte cultural, mostrando uma proposta de oficializar o Rio de Janeiro como capital mundial do samba e trazendo resenhas, publicações, prosa e poesia.

BOA LEITURA!

MARCELO KNOBEL
Janeiro de 2011

NOVA ARQUITETURA CURRICULAR NA UNIVERSIDADE BRASILEIRA

*Naomar de Almeida Filho
Denise Coutinho*

A universidade é uma instituição hipercomplexa, criada na Europa Ocidental há mil anos. Foi concebida inicialmente para guardar e proteger os valores da civilização cristã, transformou-se, em longa e rica história, e passou a cumprir múltiplas funções, promovendo inovação na cultura e na sociedade.

No contexto atual, é preciso diferenciar funções de educação superior das funções de universidade. As primeiras compreendem, sobretudo, formação de quadros técnicos, compreendendo sujeitos produtores de aplicações, técnicas e práticas, e reprodutores de conhecimento e de ideologia (professores e educadores). Isso se faz com acumulação de capital simbólico mediante aplicação de conhecimento disciplinar, resultando em habilitação de carreiras profissionais.

As funções de universidade são mais amplas, implicando formação de intelectuais; além de atuar como instituição de ensino superior, responsabiliza-se pela formação de produtores de conhecimentos (pesquisadores e criadores). A universidade é produtora e não apenas depositária e repassadora de capital simbólico. Mais do que isso, promove as culturas humanística,

artística e científica. Em algumas sociedades, por acréscimo, responsabiliza-se pela certificação de múltiplas carreiras profissionais.

No Brasil, entretanto, o treinamento profissional tem sido o foco principal da formação. A universidade tem sido poli-profissional e multidisciplinar. Podemos torná-la supra-profissional e interdisciplinar – no limite, transdisciplinar.

A consolidação da democracia brasileira, a partir da Constituição de 1988, desencadeou eventos e processos que indicam maturidade institucional. Primeiro, a estabilização e ampliação do financiamento do sistema de ciência e tecnologia (C&T) e do fomento à cultura resultaram em excepcional crescimento da produção acadêmica. Segundo, a recente implantação do Reuni (Reestruturação e Expansão das Universidades Federais), mediante planos de metas, articulados a sistemas de avaliação, produz não apenas crescimento, mas também a afirmação de critérios de qualidade. Terceiro, em paralelo à crescente importância do Brasil no cenário político e econômico mundial, avança o processo de internacionalização do parque universitário brasileiro, com destaque para a decisão estratégica das principais instituições

federais e das estaduais paulistas, que pretendem tornar-se universidades de "classe mundial".

Dado esse contexto geral de inovação e expansão, defendemos a tese de que, a partir de projetos institucionais, com indução (mas não imposição) de organismos governamentais, iniciou-se em 2008 uma nova reforma universitária no Brasil.

Os eixos da reforma universitária de 2008 são os seguintes: a) expansão de vagas na graduação, com cobertura territorial e inclusão social; b) recuperação do financiamento; c) ampliação de quadros docentes; d) novos formatos de processo seletivo (Enem, SiSu); e) reestruturação da graduação (em curso); f) revisão da pós-graduação (a ser implantada).

Nessa reforma, a reestruturação da graduação consiste, basicamente, na implantação do regime de ciclos, visando diversificar e racionalizar modelos de formação profissional e acadêmica.

O regime de ciclos não é novidade, nem no mundo nem no Brasil. No século XIX, Daniel Gilman implantou-o na Universidade Johns Hopkins e Abraham Flexner consolidou-o em todo o sistema universitário dos EUA, no começo do século XX. No Brasil, Anísio Teixeira o adaptou ao contexto nacio-

nal na heróica Universidade do Distrito Federal (UDF) em 1934 e depois, com Darci Ribeiro, recriou-o na Universidade de Brasília (UnB) de 1961. Hoje, com o avanço do processo de Bolonha, trata-se da arquitetura curricular predominante nos países europeus.

No contexto da reforma universitária em curso, vale destacar novos modelos de ensino de graduação, com educação geral e regime de ciclos, compatíveis com os modelos curriculares dos países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), como os bacharelados interdisciplinares (BI) e similares. Efeitos imediatos desse processo de renovação, tais modelos, além de empregar processos seletivos que superam a tortura do vestibular e de promover marcos pedagógicos baseados na autonomia, têm a virtude de tornar mais clara a diferenciação (e especificidade) entre trajetórias de formação profissionais e acadêmicas.

Em 2003, a USP foi pioneira com os bacharelados em ciências moleculares (inegável sucesso, inexplicavelmente descontinuado) e em humanidades (excelente projeto, não implantado). Em 2005, a nova Universidade Federal do ABC (UFABC) inaugurou inicialmente o BI em C&T, com um primeiro ciclo de três anos e onze opções de segundo ciclo; em 2011, abrirá o BI em ciências e humanidades.

Outras instituições federais estão seguindo essa tendência inovadora: UFRN, Ufersa, UFCG, UFRB, UFJF, Unifal, UFVJM, UFSJ, UFSC, Ufac, Ufopa e Unipampa. Na UFRJ, o projeto do bacharelado em ciências

matemáticas e da natureza pretende oferecer o primeiro ciclo para cursos específicos das áreas de química, física e matemática.

Em 2010, a Universidade Estadual Paulista (Unesp) abriu, no campus de Barra Funda, o bacharelado em ciências exatas, com um primeiro ciclo de três anos e quatro opções de segundo ciclo. Nesse mesmo ano, a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) iniciou o Programa de Formação Interdisciplinar Superior (Profis), curso sequencial de dois anos, primeiro ciclo para opções de formação profissional destinado aos melhores alunos do ensino público.

Eis um balanço da situação atual: em 13 universidades brasileiras, iniciam-se experiências com o regime de ciclos, com 16 bacharelados interdisciplinares. Em 2011, serão ofertadas 7.464 vagas, totalizando mais de 11 mil matrículas em 26 cursos de primeiro ciclo.

Já em 2007, a Universidade Federal da Bahia (UFBA) havia aprovado a oferta de BIs em quatro grandes áreas do conhecimento (artes, humanidades, C&T, saúde). Em 2011, serão mais de 3 mil alunos com 62 opções de segundo ciclo. Merecem destaque áreas de concentração já ativas no BI de humanidades: estudos jurídicos, formação propedêutica para ingresso no curso de direito, e estudos da subjetividade e do comportamento humano, para ingresso em psicologia. No BI em saúde, uma área de concentração permite continuidade na graduação e pós-graduação no Instituto de Saúde Coletiva da UFBA.

O marco conceitual desse projeto repousa sobre três eixos: em primeiro lugar, epistemologias não-cartesianas demandam e valorizam a inter/transdisciplinaridade, o que permite integrar saberes das artes e das humanidades ao universo da pesquisa e da formação. Em segundo lugar, teorias críticas da sociedade promovem a etnodiversidade nos processos educacionais. Em terceiro lugar, uma pedagogia emancipatória permite formar sujeitos com autonomia e inventividade, portanto mais bem preparados para cumprir a missão (trans)formadora da instituição universitária. As categorias de etnodiversidade, interdisciplinaridade e autonomia constituem referências para pensar e agir frente a problemas complexos, estruturantes e emergentes, na contemporaneidade. Apostamos que é desejável e necessário superar o paradigma disciplinar convencional que, em muitos campos de conhecimento e de formação, representa a conservação de modelos acostumados e apenas reativos de universidade. A recriação da instituição universitária brasileira, em curso, confirmará os compromissos do espírito universitário em sintonia com o desenvolvimento social, político, artístico e tecnológico – em uma palavra, humano – da nação.

Naomar de Almeida Filho é professor titular do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia (UFBA), pesquisador nível 1A do CNPq e ex-reitor da UFBA (2002-2010)

Denise Coutinho é professora adjunta do Instituto de Psicologia da UFBA e coordenadora da Área de Concentração Estudos da Subjetividade e do Comportamento Humano nos Bacharelados Interdisciplinares



Fotos: Damiano Francisco

ENERGIA

Brasil inova nas redes elétricas inteligentes

O projeto de implantação do Clima-Grid foi lançado no início de dezembro passado, no auditório do Teatro Folha do shopping Pátio Higienópolis, em São Paulo. Trata-se de uma nova concepção em sistema elétrico conhecida por “rede elétrica inteligente” ou SmartGrid, caracterizada pela aplicação intensiva de tecnologias de informação e de comunicação nas suas cadeias de geração, distribuição e consumo. O país inovará com a incorporação maciça de dados climáticos ao sistema, o que ainda não existe em nenhuma rede inteligente do mundo. O objetivo é diminuir os custos e o desperdício de energia, bem como as emissões de carbono na atmosfera, e minimizar o impacto das mudanças climáticas na rede. A primeira fase da implementação deverá estar concluída em 2013.

Um dos princípios básicos das redes inteligentes é o enfrentamento do problema energético por meio do gerenciamento maciço de dados, com ênfase no consumo, ao invés de apenas pelo aumento da produção. Para tanto, o projeto prevê a troca de todos os medidores eletromecânicos de consumo por versões eletrônicas “inteligentes” dos mesmos. Segun-



Debate entre os participantes: raios no Cerrado deverão duplicar até o fim do século

do Pedro Jatobá, da Eletrobrás e presidente da Associação de Empresas Proprietárias de Infraestrutura e de Sistemas Privados de Telecomunicações (Aptel), com os novos dispositivos, será possível coletar dados como a que horas e que tipo de energia cada família consome. Quando o resto do sistema estiver completo, as informações deverão estar disponíveis aos clientes em tempo real. A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) submeteu à consulta pública, até 17 de dezembro de 2010, a substituição dos 63 milhões de medidores tradicionais pelos novos. Em estágios posteriores da implantação de um SmartGrid, entram em cena três outros conceitos básicos: o de geração distribuída, o de mobili-

dade elétrica e o de distribuição virtual. Para explicá-los, Jatobá comparou com o sistema atual, concebido como “alguém que coleta energia em um ponto concentrado e distribui para consumidores fixos em locais conhecidos (o medidor está preso na parede)”. Nas redes inteligentes, a geração passa a ser mais local, em qualquer ponto da rede e em pequena escala, como em painéis solares e aerogeradores nos telhados das casas – é a “geração distribuída”. A distribuição virtual tem algumas características semelhantes à da internet: ela não “sabe” onde estão os clientes nem os locais de produção, mas “proverá demanda num universo conectado de consumidores e produtores”, concluiu Jatobá.



Quanto à mobilidade elétrica, ela já é uma necessidade por causa do advento dos veículos elétricos, que podem ser carregados em tomadas em qualquer ponto da rede. Além disso, equipamentos como geladeiras e televisores também terão adaptações, de modo a poderem ser controlados à distância. Aderbal Penteadó Jr., diretor de Regulação Técnica e Fiscalização do Serviço de Energia da Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo (Arseps), exemplificou com um episódio que testemunhou na Finlândia, no qual uma moça lidava com uma máquina de refrigerantes por meio de um telefone celular, há cerca de 30 anos.

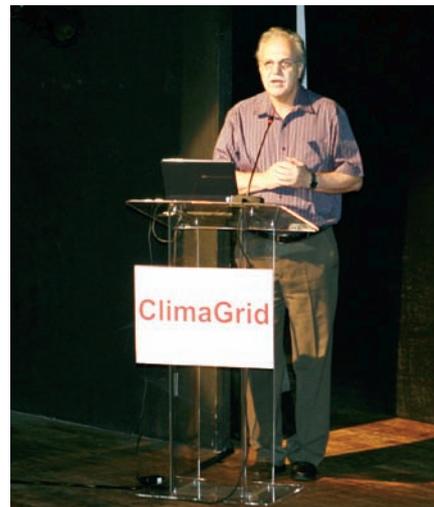
MOBILIZAÇÃO BRASILEIRA Várias entidades nacionais estão envolvidas na implementação das redes inteligentes por meio de diversos projetos. Um deles, coordenado desde 2009 pela Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abra-dee) e pela Aptel e descrito por Jatobá, tem como objetivo a elaboração de cenários de migração do setor elétrico no Brasil para a rede inteligente e tirar subsídios para a elaboração de políticas públicas para implantar no país. A execução deverá durar de 2 de janeiro a 1º de julho deste ano. Empresas brasileiras também estão apostando no novo sistema. Uma das que mais avançaram é a Companhia Paranaense de Energia (Copel), que investiu em 2010 cerca de



Osamar Pinto Jr.: 99% da rede elétrica do país é aérea e exposta a descargas atmosféricas

R\$ 20 milhões e pretende injetar mais R\$ 300 milhões até 2014, segundo um artigo de novembro, de Cyro Vicente Boccuzzi, presidente da empresa de consultoria Expertise, Consultoria e Ordenamento em Energia Eficiente (ECOee), para o jornal *Diário Comércio, Indústria & Serviços* (DCI). De acordo com uma avaliação da ECOee, até 2013 as empresas nacionais deverão investir cerca de R\$ 4 bilhões na área.

Ao mesmo tempo, uma parceria entre a EDP e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) começou em 2008 a construir o projeto ClimaGrid, que desenvolverá, segundo Vitor Gardiman, do Grupo EDP no Brasil, gerente do projeto ClimaGrid, “um novo sistema computacional que integrará um conjunto amplo de variáveis meteorológicas



Carlos Nobre: O Cerrado é a região brasileira mais vulnerável aos raios

e ambientais ao sistema elétrico”. A iniciativa ainda não havia sido tomada por nenhum país. “Em todos os fóruns em que fui, o SmartGrid não olhava para o céu”, relatou. A primeira fase do projeto tem como metas gerais a interligação do sistema elétrico inteligente, a agregação de ferramentas climáticas ao sistema e a integração à rede de bancos de dados climáticos históricos. A chegada das informações a quem as queira – inclusive aos consumidores – deverá ser automatizada. Outro conceito básico no ClimaGrid é a convergência, a possibilidade de se correlacionar informações e ações de diferentes naturezas (temperatura, abertura de um disjuntor, umidade em certo lugar, desempenho da rede em outro lugar). Isso, mais a transparência dos dados,



permitiria às empresas reagir adequadamente a efeitos climáticos severos. “Sem que isso aconteça, olhamos quadros separados que não conseguimos juntar”, avaliou Gardiman. Segundo ele, cerca de R\$2 milhões serão gastos nessa fase, envolvendo as distribuidoras de eletricidade EDP Bandeirante (SP) e EDP Escelsa (ES). Os resultados “poderão e deverão ser replicados” por outras empresas, afirmou.

INOVAÇÃO CONTRA RAIOS Especificamente, a parte climática do ClimaGrid tratará de dados sobre descargas elétricas nuvem-solo, nuvem-nuvem, ventos, temperatura, umidade, precipitação e vegetação. A inclusão das descargas nuvem-nuvem é também uma inovação brasileira. Sua importância é que permitirá maior precisão na previsão de tempestades com raios, algo extremamente difícil em climatologia. Trata-se de um problema sério para o Brasil, país com a maior incidência de raios do mundo (60 milhões de descargas por ano). De acordo com Osmar Pinto Jr., coordenador do projeto ClimaGrid e do Grupo de Eletricidade Atmosférica (Elat) do Inpe, 99% da rede elétrica nacional é aérea, exposta a esses fenômenos. Uma das regiões mais vulneráveis é a do Cerrado, informou Carlos Nobre, chefe do Centro de Ciências do Sistema Terrestre do Inpe, onde os raios são importante motivo de queimadas. Por outro lado, o au-

mento do número de descargas nos últimos anos é uma tendência global – dados coletados por satélites revelaram um aumento médio de 18% nas ocorrências, na última década. Os estudos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que o aquecimento global pode ser uma das causas dessa evolução. No Cerrado, segundo projeções do Inpe relatadas por Pinto Jr., a quantidade de descargas deverá duplicar até o fim do século, supondo uma estimativa de aquecimento de 4 graus Celsius no período.

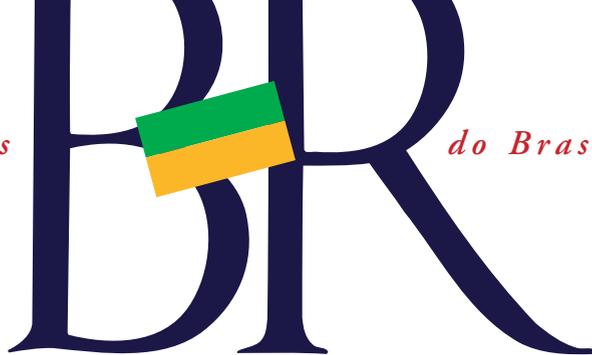
Apesar das dificuldades inerentes ao assunto, o ClimaGrid possibilitará a previsão de descargas nuvem-solo com alta precisão (menos de 5 quilômetros) para subsidiar ações de manutenção da rede elétrica. Para isso, em setembro de 2010, chegou em São José dos Campos (SP) um supercomputador da empresa Cray Inc. adquirido pelo Inpe, o qual aumentará em 50 vezes a capacidade computacional do Instituto.

Os sistemas inteligentes já começaram a ser implantados em países como os Estados Unidos e os da Europa. Em outubro de 2009, o governo norte-americano anunciou um financiamento federal de US\$ 3,4 bilhões (cerca de R\$ 5,8 bilhões) para a construção do SmartGrid no país. Segundo Jatobá, a modernização do setor elétrico daquele país é um dos principais elementos da política anticrise do presidente Barack Obama.

Em Portugal, o projeto InovGrid já possui 50 mil clientes, com previsão de 6 milhões até 2017. Destaca-se a cidade de Évora, a primeira do país onde o sistema foi implantado.

PRIVACIDADE A quantidade maciça de dados sobre a vida das pessoas que o sistema tem potencial de coletar preocupa entidades defensoras da privacidade e até mesmo empresas voltadas à energia elétrica, temerosas de que isso faça diminuir a adesão das pessoas ao sistema. Martin Pollock, do braço britânico da Siemens Energy, afirmou, na Conferência sobre Smart Grids e Energia Limpa em Cambridge, Reino Unido, em junho de 2010, que sua empresa tem tecnologia para coletar dados em tempo real, com os quais podem “inferir quantas pessoas estão na casa, o que fazem, se estão no andar de cima ou no de baixo, se têm cachorro, quando você normalmente acorda, quando toma banho”. O empresariado vem pressionando para que a legislação seja rapidamente adaptada à nova realidade. “Estabelecer, desde o início, regras relativas à privacidade dos consumidores e à segurança das informações é fundamental para evitar que a rede elétrica abra as portas para uma nova modalidade do Big Brother energético”, advertiu Cyro Boccuzzi, em um artigo na edição de 2010 da revista *Metering International América Latina*.

Roberto Belisário



DESASTRES NATURAIS

Um planeta que parece cada vez mais inquieto

Em agosto de 2010 o vulcão Sinabung, na ilha indonesiana de Sumatra, entrou em erupção e retirou pelo menos 18 mil moradores da região. Um mês depois, no Paquistão, chuvas torrenciais causaram o pior desastre natural da história do país, matando mais de 1.500 pessoas e deixando mais de seis milhões de desabrigados, causando bilhões de dólares de danos à infraestrutura e à agricultura. Eventos como vulcões e inundações são fenômenos da natureza e são considerados desastres naturais quando atingem um sistema social, causando danos e prejuízos que excedam a capacidade dos afetados de conviver com o impacto. Um desastre natural, além de causar a perda de vidas humanas, traz prejuízos materiais, econômicos e ambientais e provoca graves interrupções do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade. São fenômenos que podem ocorrer em qualquer região do nosso planeta variando de intensidade e gravidade, dependendo de elementos próprios da dinâmica da natureza e das intervenções humanas.



Thiago Guimarães/Secom

Vilarejo de São Mateus (ES), um dos mais atingidos pelas fortes chuvas de dezembro, 2010

PERIGOS IGUAIS, RISCOS DIFERENTES

Matthew Kahn, no artigo *The death roll from natural disasters: the role of income, geography, and institutions* (Universidade Tufts e Universidade Stanford, 2003), analisou grandes desastres naturais ocorridos em 73 países (pobres, médios e ricos), entre 1980 e 2002, e concluiu que os mesmos se distribuíram equitativamente, mas afetaram as populações de forma diferente. Por exemplo, no período estudado, a Índia teve 14 grandes terremotos, nos quais morreram 32.117 pessoas, enquanto que nos Estados Unidos ocorreram 18 grandes terremotos, que causaram 143 mortes. Alguns fenômenos, como movimentos de placas tectônicas que causam os terremotos, possuem grande aleatoriedade,

mas ocorrem principalmente em áreas situadas em bordas de placas; outros, como secas e inundações, podem ser previstos com alguma antecedência, a partir de modelos climáticos cada vez mais sofisticados. Se uma região está sujeita a terremotos, ciclones ou chuvas muito intensas, por exemplo, sua população estará mais exposta a perigos, porém, o risco não será o mesmo para todos. O relatório "Reduzindo o risco de desastres: um desafio para o desenvolvimento", do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud), define que o risco é a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo. Elaborado por especialistas de todo o mundo,



Defesa Civil Blumenau

Trecho da rua Manoel Justino da Silva em Blumenau (SC), março de 2000. Ocupação de encostas torna-se área suscetível a deslizamentos

o documento aponta que, no período de 1980 a 2000, quase 75% da população mundial vivia em regiões onde ocorreu pelo menos uma vez um fenômeno como terremoto, ciclone tropical, inundação ou seca. Esses eventos causaram a morte de mais de 1,5 milhão de pessoas. A vulnerabilidade de uma população ante um desastre natural reflete condições sociais, econômicas e geográficas, que afetam a capacidade dessa população para responder ao risco. Como o conceito de desastre natural está vinculado aos prejuízos por ele causado, o impacto depende da capacidade da comunidade de suportar ou superar os danos. Assim, quanto mais pobre a

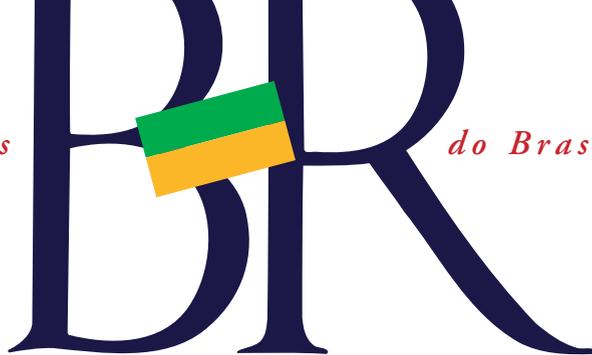
população, mais ela sofre com os desastres naturais. Isso explicaria porque não existe uma relação direta entre número de desastres naturais e número de pessoas mortas ou afetadas pelos eventos.

PERCEPÇÃO DO PERIGO

Concentração de renda, baixa escolaridade, acesso precário a informações sobre os riscos, falta de organização política dos segmentos desfavorecidos da sociedade, ausência de políticas públicas eficientes que permitam a definição e implantação de ordenamentos no uso de terras urbanas e rurais são alguns dos muitos fatores que contribuem para uma exposição maior de

populações pobres a possíveis desastres naturais. Mas isso não significa que não exista percepção do perigo, nem tampouco que apenas fatores sociais e econômicos condicionam a permanência de populações em áreas de risco.

Rafaela Vieira, arquiteta e professora da Universidade do Vale do Itajaí (Univale) e da Fundação Universidade Regional de Blumenau (Furb), entrevistou moradores de uma área com grande incidência de deslizamento, localizada próxima ao centro de Blumenau (SC), cidade onde predomina um relevo acidentado e que tem apresentado um forte crescimento populacional, com a ocupação das encostas geralmente associada à formação de áreas de exclusão social. Ela verificou que todos sabiam do perigo de viver em áreas íngremes e que um deslizamento de encostas pode causar destruição e mortes, “mas a maioria não reconhecia o próprio risco a que estava exposto”. Na pesquisa, que integrou seu doutorado em geografia defendido na Universidade de Santa Catarina (UFSC), a arquiteta trabalhou com conceitos propostos por Ian Burton, Robert W. Kates e Gilbert F. White, organizados no livro *The environment as hazard* (1993), no qual afirmam, a partir de estudos



em 18 países, que a percepção do perigo se dá de diferentes formas e influi na maneira como as pessoas enfrentam os problemas, como habitam o lugar e como se relacionam entre si (indivíduos e coletividade) e com o ambiente (indivíduos e coletividade com o ambiente). Esses autores consideram que existem quatro estágios na percepção – absorção, aceitação, redução das perdas e mudanças de uso e de localização – separados por três limiares – conhecimento, ação e tolerância. Em sua pesquisa, Rafaela constatou que os moradores da área estudada afirmavam que o deslizamento não aconteceria onde moram, apesar da grande maioria ser residente em áreas de suscetibilidade a deslizamentos: “de fato, quando mais próximos se encontravam do risco, maior era a negação desse risco”. Segundo a professora, “quanto menor a renda, mais rapidamente as pessoas que vivem em uma área de risco atingem o limiar do conhecimento; mas para chegar à ação, outros fatores interferem fortemente como os laços afetivos ao lugar”. Rafaela confirmou o que Burton e seus colaboradores já haviam apontado: “há uma incapacidade humana para imaginar um desastre natural em um meio ambiente familiar”.

Leonor Assad

FATORES QUE PROVOCAM DESASTRES NATURAIS

Muitos desastres ocorrem porque a Terra está em constante atividade.

Parte dessa energia decorre do calor e da radioatividade existente no núcleo de nosso planeta desde a sua formação, há mais de 4,5 bilhões de anos. Outra parte é controlada pelo calor do Sol, que energiza a atmosfera, as terras emersas e os oceanos. A interação entre esses processos confere uma dinâmica, com a qual convivemos permanentemente, como o ciclo hidrológico, os reservatórios de petróleo, o clima e o relevo. Por vezes, a dinâmica terrestre se manifesta por meio de grandes eventos que, quando ocorrem em áreas ocupadas por populações, podem assumir proporções catastróficas, dando-nos a impressão de que a sua frequência está aumentando. Outro aspecto é o mal uso da terra, desmatamentos e o crescimento urbano desordenado. Vale enfatizar que o desenvolvimento científico e tecnológico ampliou os mecanismos de avaliação e o registro dos eventos naturais, aumentando as condições para divulgação de seus efeitos.

SAÚDE

Controvérsias na medicina: como fica o paciente?

Assuntos relacionados à saúde são de grande interesse público e por isso recebem um espaço considerável na mídia. Doenças que afetam um grande número de pessoas e que ainda não possuem a cura, como no caso do câncer, ou doenças que se tornam um problema para a sociedade e o indivíduo, como obesidade, geralmente recebem uma atenção maior. Também na comunidade médica existe um constante debate sobre tais temas, e nem sempre um consenso é alcançado. “A medicina é a ciência das verdades temporárias”, diz o médico Thomas Szego, presidente da Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica (SBCBM). Controvérsias surgem a partir das diferentes opiniões médicas diante de uma mesma doença e das diferentes possibilidades de tratamento disponíveis. E essas discussões muitas vezes atingem o paciente, gerando dúvidas e insegurança. “Existem diversas maneiras de abordar uma doença e não dá para dizer se uma está certa e outra está errada. Na verdade, para cada situação, pode haver mais de uma maneira de agir”, diz José Getúlio Martins Segalla, médico e membro da diretoria da

Sociedade Brasileira de Oncologia Cirúrgica, referindo-se ao câncer, uma das doenças mais estudadas e debatidas atualmente, tanto no ambiente médico profissional, quanto no dia-a-dia das pessoas leigas. Além da alta incidência na população e da gravidade da maioria dos tipos de câncer existentes, as sucessivas descobertas na área da oncologia, ora complementares ora contraditórias, mantêm o assunto em destaque nas editoriais de saúde dos mais diversos meios de comunicação.

A cada novo resultado divulgado, uma nova abordagem é colocada em prática. Um exemplo são as controvérsias em torno do câncer de próstata. Enquanto alguns médicos indicam que a alimentação pode influenciar no risco do desenvolvimento deste tipo de câncer, outros dizem que os resultados de estudos nesse sentido não são conclusivos. Da mesma forma, orientações para práticas preventivas também variam, podendo ser indicada a realização anual do exame de toque para homens acima de 50 anos, enquanto outros médicos sugerem que a idade para o início da realização do exame seja 45 anos, aliado à dosagem de PSA (uma proteína chamada Antígeno Prostático Específico, cujo aumento da taxa no sangue pode indicar a presença de câncer de próstata).

DIFERENTES ABORDAGENS A medicina, como qualquer outra área da

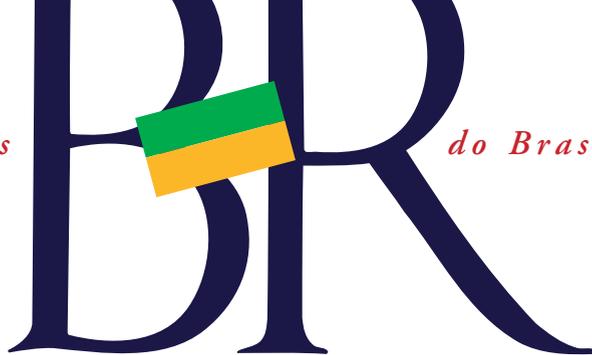
ciência, está sujeita a mudanças de paradigmas, que refletem tanto na metodologia das ciências biomédicas, quanto nas intervenções e tecnologias adotadas. E o processo de transição entre um paradigma e outro pode ser lento, de forma que diferentes abordagens para um mesmo problema possam ser aceitas e indicadas por segmentos da comunidade médica. “Geralmente há uma diretriz recomendada, que pode ser utilizada por várias especialidades médicas, mas os casos mais complexos devem ser tratados pelo especialista”, afirma Cristiane Martins Moulin, médica endocrinologista colaboradora do Grupo de Obesidade e Síndrome Metabólica do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo (USP).

Apesar de existirem protocolos de procedimentos médicos, o paciente que procura um tratamento para determinada enfermidade pode encontrar diferentes tratamentos, dependendo do especialidade ou opinião pessoal do profissional.

No caso da obesidade, especialidade de Cristiane, o tratamento geralmente inclui aconselhamento, restrição calórica, terapia comportamental e atividade física. “O especialista em obesidade é o endocrinologista, mas há a necessidade de uma equipe multidisciplinar, cada um com seu papel”, diz. A escolha do tratamento, segundo a especialista, é baseada no índice de

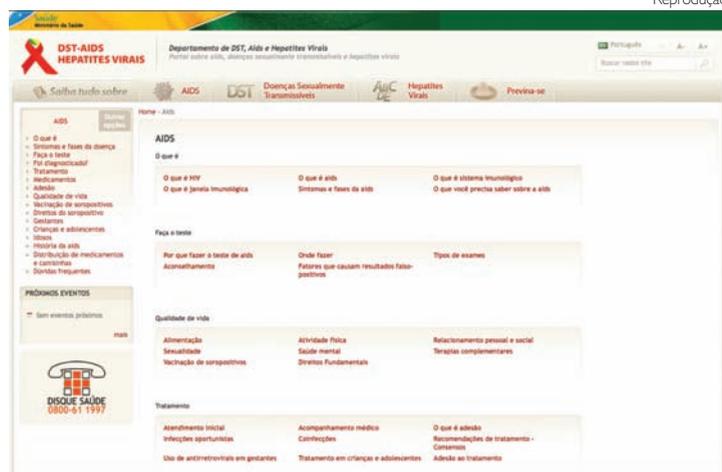
massa corpórea (IMC) do paciente, somado à presença de condições médicas relacionadas à obesidade, tais como diabetes e hipertensão arterial, por exemplo. Dessa forma, e dependendo da resposta do paciente à abordagem inicial, opta-se pelo tratamento medicamentoso ou por intervenção cirúrgica.

“A cirurgia bariátrica é atualmente a única terapia efetiva para obesidade grave (também chamada de obesidade mórbida) tendo benefício comprovado na melhora das comorbidades e da qualidade de vida”, afirma Cristiane Moulin. Diversos fatores são considerados pelos especialistas para que se decida por um procedimento cirúrgico, independentemente da técnica a ser utilizada. No entanto, a gravidade de cada fator depende da análise de especialistas em diferentes áreas, que podem ter opiniões conflitantes, e a decisão fica a cargo de outro profissional ainda, o cirurgião. “Cada médico deve reconhecer sua limitação em conseguir tratar a doença [obesidade] e suas repercussões; mas, isto depende da experiência de cada um”, enfatiza Cristiane. E, exatamente devido às diferenças entre os médicos, à segmentação da medicina e ao caráter subjetivo da decisão de cada especialista, que cirurgias bariátricas são realizadas tanto em casos de obesidade mórbida quanto por motivos estéticos.



SUPERESPECIALIZAÇÃO “Todo o ensino da medicina foi baseado no modelo cartesiano. A gente retalhou o paciente inteirinho para criar grandes especialistas”, diz Dalva Matsumoto, coordenadora do Programa de Humanização do Hospital do Servidor Público Municipal de São Paulo (HSPM-SP). As áreas terapêuticas e de diagnóstico de doenças como conhecemos hoje sofreram mudanças ao longo dos séculos, conforme as formas de produção do conhecimento médico foram se modificando. Segundo Flávio Coelho Edler, historiador da área médica e pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz, “no século XVIII, o diagnóstico era construído de uma forma muito íntima entre o médico e o paciente. [...] A concepção ontológica da doença, ou seja, a doença como um ser, como tendo uma existência independente do indivíduo, é muito recente e se dá a partir do século XIX”, comenta. Dessa forma, hoje se fala da gripe, do câncer e de outras doenças, com se estas existissem de forma isolada do paciente.

Além disso, o paciente de hoje apresenta uma postura mais ativa, devido ao fácil acesso à informação e ao grande volume de materiais sobre saúde disponíveis em diversos veículos de comunicação, “Apesar de o paciente ter alguma informação, existe uma expectativa do encontro [com o médico]”, argumenta. E nem sempre essa expectativa se



Homepage do programa de DST/Aids do Ministério da Saúde disponibiliza informações sobre doenças sexualmente transmissíveis para o público em geral

cumprir, por diversos motivos, desde a falta de preparo de alguns médicos, ou pouco tempo disponível para uma consulta mais abrangente. Outro motivo de conflito entre médico e paciente, derivado da soma da ultra-especialização nas ciências médicas com a bagagem de informações (mesmo que superficiais) que o paciente traz para a consulta, são as diferentes intervenções apontadas, para um mesmo diagnóstico, por especialistas em áreas distintas. Um cardiologista que se depara, por exemplo, com um entupimento de veias, pode optar por implantar uma ponte de safena ou colocar um stent, dependendo do caso, com igual eficiência para o paciente. Um angiologista apresentará argumentos para defender o stent, uma vez que ele os conhece muito bem, por ser a sua especialidade. Já o cirurgião, que opera há anos e conhece a eficiência da ponte de safena nos seus pacientes,

optaria por esta intervenção, baseado em argumentos tão convincentes quanto os do outro especialista.

NOVOS SUJEITOS “O ser humano foi reduzido ao aspecto biológico, passamos a ser um todo organizado de células”, reflete Dario Pasche, coordenador da Política Nacional de Humanização (PNH), do Ministério da Saúde. Em sua opinião, as relações entre médicos e pacientes, bem como entre profissionais da saúde de uma forma geral, é fundamental para um cuidado eficaz, motivo pelo qual a preocupação com a humanização na área da saúde tem ganho destaque. Para Pasche, é fundamental resgatar as dimensões subjetivas e sociais das relações entre profissionais da saúde e entre estes e os pacientes, que foram sendo esquecidas, e recompor a integridade do sujeito.

Ana Paula Morales

MUN

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Projeto europeu de participação pública em C&T será estendido para a Iberoamérica

Quais desafios você gostaria que fossem superados pela ciência até 2030? A pergunta, ampla e complexa, foi feita para os cidadãos europeus no âmbito do projeto Agenda Cidadã de Ciência e Tecnologia – Metas 2030, promovido pela Fundação Espanhola para a Ciência e a Tecnologia (Fecyt), do Ministério de Ciência e Inovação da Espanha. A proposta, colocada em prática no primeiro semestre de 2010, período em que a União Europeia teve presidência espanhola, mobilizou mais de 107 mil pessoas de 122 países – e deve se estender para toda a Iberoamérica ainda este ano.

“A Agenda é um ponto de encontro para cientistas e inovadores, cidadãos e políticos”, disse Lourdes Arana, diretora da Fecyt, durante apresentação do projeto na Jornada Pública de Política Científica, que ocorreu na I Feira Iberoamericana de Ciência e Tecnologia – Empírika, realizada em Salamanca, Espanha, em novembro de 2010 (veja box). O evento contou com seminários de diversos especialistas na área



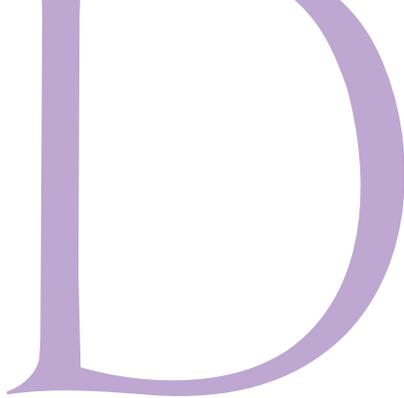
Google Images

Segundo espanhóis, armazenamento de energia elétrica é o maior desafio da ciência até 2030

e teve como propósito promover a discussão sobre a cultura científica e debater propostas de participação pública na agenda política de ciência e tecnologia (C&T) dos países iberoamericanos.

A importância de um projeto como a Agenda Cidadã, segundo Lourdes, reside na aproximação da população com temas científicos considerados complexos, mas que estão presente no cotidiano das pessoas. “A ciência está em todas as partes, e a ideia é que as pessoas tenham acesso a ela e possam decidir e influenciar essa ciência que as rodeia”, concorda Miguel Ángel Quintanilla, coordenador da feira e diretor do Instituto de Estudos da Ciência e da Tecnologia (Ecyt, na sigla em espanhol) da Universidade de Salamanca (Usal). “As pessoas devem se beneficiar da ciência e se responsabilizar por ela”, complementa.

DESAFIOS O grupo de pesquisadores que levarão a cabo a experiência em várias nações iberoamericanas terá que enfrentar alguns desafios para adaptar o projeto às realidades dos países latino-americanos. Um dos pontos fundamentais é a definição do público alvo e das ferramentas de participação que deverão ser utilizadas em cada país. A versão europeia da Agenda Cidadã visou atingir principalmente o público jovem e inovador e, por isso, utilizou a internet como canal central de comunicação e de participação. A abordagem foi possível porque cerca de 70% dos lares dos 27 países da União Europeia (UE) tinham acesso à internet em 2010, segundo dados divulgados pela Eurostat (organização estatística da Comissão Europeia) em dezembro de 2010. Em países latino-americanos, no entanto, a realidade é bem



Notícias do Mundo

diferente. No Brasil, apenas 27% dos domicílios possuíam acesso à internet em 2009, segundo pesquisa Tecnologias da Informação e da Comunicação realizada pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br).

Outro ponto importante reside na definição de que tipo de organizações (governamentais, nacionais ou supranacionais) deverão coordenar os projetos, bem como quais serão as entidades colaboradoras e patrocinadoras em cada país. Na iniciativa europeia, colaboraram TVE, Conselho Superior de Câmaras de Comércio, Instituto de Tecnologias Educativas, Campus Party, Rede Espanhola de Museus de Ciências e a Federação Espanhola de Municípios e Províncias. O objetivo é formar um comitê de especialistas iberoamericanos e adaptar o projeto a partir de experiências prévias de participação cidadã nos diferentes países.

MODELO A primeira edição da Agenda Cidadã contou com um cronograma curto para o planejamento e execução do projeto. A ideia, que nasceu em setembro de 2009, foi colocada em prática no mês seguinte da concepção. Inicialmente, um comitê de especialistas elegeu diversos cidadãos europeus notórios, cujas iniciativas tivessem “mudado a vida das pessoas”.

Dentre os 47 nomes levantados, 14 foram selecionados para compor

o time de proponentes das metas a serem votadas pelos cidadãos em vídeos divulgados no site YouTube. Entre eles, estavam a primatologista britânica Jane Goodall, o famoso cozinheiro espanhol, Ferrán Adrián, o físico espanhol Ignacio Cirac (pioneiro da informação quântica) e Karlheinz Braundenburg (inventor do mp3).

Os temas que receberam mais votos foram, em primeiro lugar, a pesquisa sobre armazenamento da energia elétrica – proposto por Paulina Beato, empresária, primeira presidente da Rede Elétrica da Espanha, referência no mercado energético mundial –, em segundo, o desenvolvimento de órgãos artificiais para substituir órgãos danificados e, em terceiro, a invenção de robôs que facilitem a vida cotidiana. Os resultados foram apresentados aos ministros de ciência e inovação europeus durante o Conselho de Competitividade da União Europeia, realizado em Bruxelas (Bélgica), em maio de 2010.

POLÍTICA CIENTÍFICA Quintanilla, que já foi Secretário de Estado de Universidades e Pesquisa da Espanha, considera que o país ainda tem pouca experiência com instrumentos de participação social em governança de C&T. “Ainda consideramos os cidadãos como elementos passivos dos nossos estudos”, afirmou em entrevista à revista *ComCiência* (nº.124, dez. 2010).

“As políticas de C&T devem estar integradas com as demais políticas públicas”, disse León Olivé, matemático e filósofo da Universidade Nacional Autônoma do México (Unam), em palestra proferida na Jornada Pública de Política Científica. O pesquisador concorda que a participação da sociedade na determinação da agenda científica é essencial e defende a aproximação sistemática entre as políticas públicas (nas áreas social e econômica) no que se refere a C&T.

Ana Paula Morales

FEIRA DE CIÊNCIA IBEROAMERICANA SERÁ NO BRASIL

A próxima edição da feira Empírka será realizada em 2012 no Brasil, na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), instituição que mantém relações acadêmicas com a Universidade de Salamanca. Depois dessa edição, esse evento bienal deverá circular por outros países e voltar à Espanha em 2018, quando a Universidade de Salamanca completará 800 anos.

MUN

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Avaliação de impactos de políticas públicas gera debate no exterior e no Brasil

A avaliação de impactos de programas e políticas públicas tem suscitado debates ao redor do mundo, principalmente devido à ampliação de investimentos na área e a sua importância na política científica e tecnológica. No caso específico de ciência, tecnologia e inovação, investimentos cada vez mais robustos e frequentes, além da cobrança de prestação de contas, têm levado a avanços nos processos de avaliação. Esses resultados são fundamentais para o planejamento e a tomada de decisões sobre a manutenção, possíveis ajustes ou mesmo o cancelamento dos programas. De maneira bastante objetiva, um dos especialistas na área, o francês Laurent Bach, pesquisador do Bureau d'Économie Théorique et Appliquée (Beta), da Universidade de Estrasburgo, na França, aponta que as fronteiras da avaliação podem ser pensadas em três direções: fronteiras a se alcançar, a se delimitar e a se eliminar. Tanto como área do conhecimento quanto no desenvolvimento e aperfeiçoamento de metodologias e métricas para aferir a efetividade

das ações, a avaliação de impactos de programas e políticas públicas tem se expandido. Não há como negar que a principal motivação é a necessidade de prestar contas sobre os recursos financeiros e humanos investidos, mas também saber se o programa atingiu os objetivos ou se precisa ser aperfeiçoado ou cancelado. Segundo Susan Cozzens, pesquisadora da School of Public Policy, da Universidade Georgia Tech, dos Estados Unidos, os recursos que estão sendo alocados nesses programas estão trazendo resultados para a sociedade e não apenas impactos econômicos, mas também sociais e ambientais. "Queremos estar na fronteira da avaliação". E estão. Os processos de avaliação tiveram início nos Estados Unidos na década de 1950. A partir dos anos 1970, instituições como o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST) e a Agência Espacial Norte-Americana (Nasa), passaram a elaborar avaliações de seus programas, seguindo recomendações do Congresso Nacional, no sentido de darem respostas sobre os resultados dos

programas que estavam sendo apoiados com recursos públicos. De acordo com Bach, por muito tempo, a União Europeia usou o discurso da necessidade de se gerar valor para apoiar a inovação nas empresas. Somente anos depois, foi proposto a avaliadores que respondessem a questões como: "o que é a competitividade?", e "o que é gerar valor?" Ou seja, questões que deveriam ter sido feitas antes dos programas serem lançados. E quem deve definir a meta das políticas deve ser o próprio elaborador da política, e não o avaliador. Além disso, na opinião do pesquisador francês, as metas e instrumentos, além da definição das áreas de impacto dos programas devem ser definidos na elaboração do programa. Vários estudos e experiências de avaliação realizados no exterior poderiam ser citados, mas o que eles tem em comum é a discussão sobre as melhores metodologias e ferramentas para avaliar se os recursos empenhados foram suficientes, se a relação entre custo e benefício foi positiva. Segundo Susan Cozzens, caso isso não seja considerado, os formuladores das políticas, assim como os avaliadores serão irresponsáveis. A pesquisadora acredita ser necessário usar ferramentas diferentes para avaliar programas



Notícias do Mundo



Luiz Vazzoler

André Furtado (Unicamp), Susan Cozzens e Laurent Bach debatem durante o simpósio "As fronteiras da avaliação" que ocorreu em Campinas (SP) em novembro de 2010

de áreas diferentes, como as ciências sociais e a biologia, cada qual com suas peculiaridades.

BRASIL Segundo Fernanda De Negri, pesquisadora do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e diretora adjunta da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset), além desses fatores, avaliar esses programas "é fundamental para que se possa comparar diferentes instrumentos e políticas com objetivos similares e, a partir daí, escolher ou fortalecer aqueles instrumentos que são mais eficazes no alcance dos objetivos". Ela diz que há diversos instrumentos, muitos deles com objetivos similares e

é preciso escolher aqueles com os menores custos e melhores resultados. A pesquisadora do Ipea cita o caso das políticas de apoio à inovação: "Todas possuem como objetivo fundamental a ampliação dos esforços inovativos e da taxa de inovação na economia. Com esse objetivo são utilizados os mais diversos instrumentos, tais como subvenção, crédito, incentivos fiscais, além de instrumentos regulatórios". Mas ela questiona quais seriam os mais eficazes. "A eficácia das políticas pode variar de acordo com o público alvo. Determinado instrumento pode ser extremamente efetivo para grandes empresas, e absolutamente ineficaz nas pequenas, por exemplo". Nesse sentido, muitas vezes,

a solução é a escolha de um conjunto de políticas que levem em conta a especificidade do objeto a ser analisado, mas esse tipo de resposta é fornecida apenas após um processo de avaliação. O processo se inicia com a delimitação dos objetivos da própria avaliação, além da escolha da metodologia e das ferramentas a serem usadas. Em países como França, Estados Unidos, Japão e China, essas metodologias se encontram mais solidificadas. No Brasil, embora os processos de avaliação tenham começado na década de 1980, quando o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) deu início à prática de mensuração de investimentos, a evolução tem sido rápida e já permite que se faça um balanço sobre algumas iniciativas. Sergio Salles-Filho, professor do Departamento de Política Científica e Tecnológica, do Instituto de Geociências e diretor da Faculdade de Ciências Aplicadas, ambos da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), afirma que as avaliações que têm sido feitas no Brasil têm colaborado com o aperfeiçoamento de determinadas ações. Um dos exemplos citados por ele é a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), que possui uma coordenação de avaliação e está medindo impactos

MUN

de seus programas com o objetivo de planejar novas ações e de prestar contas à sociedade.

Fernanda De Negri cita experiências na área de inovação, lembrando que tanto o arcabouço legal de apoio à inovação no país, quanto as políticas são bastante recentes – a maior parte dos mecanismos foram criados nos últimos 5 ou 6 anos, tais como a Lei de Inovação e a Lei do Bem de 2004 e 2005, respectivamente. Algumas dessas políticas já vêm sendo alvo de estudos, como a Lei de Informática e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) – que é ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e é o responsável pela administração dos recursos dos Fundos Setoriais, entre outros programas. O Ipea concluiu recentemente a primeira fase de um amplo projeto de avaliação dos impactos do FNDCT na economia brasileira, a pedido do próprio MCT. Para Fernanda, “o fato evidencia o crescente interesse dos próprios órgãos governamentais em saber quais os resultados efetivos dos programas e políticas que vêm sendo implementados. Esse é o primeiro passo para que os resultados dessas avaliações sejam, de fato, levados em conta na formulação das políticas públicas”. O Centro de Estudos e

Gestão Estratégica (CGEE) também tem realizado uma ampla gama de políticas públicas na área de ciência, tecnologia e inovação formuladas ou apoiadas pelo MCT, assim como pelo Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação (Geopi), da Unicamp.

DESAFIOS Para Bach, o grande desafio da área é enxergar o horizonte e ir além. Ele considera que há questões práticas e teóricas a serem enfrentadas e desafios institucionais também, uma vez que é preciso integrar a avaliação nas rotinas das instituições, das decisões estratégicas. Salles-Filho segue nessa direção quando afirma que a avaliação de impactos deve ser parte inseparável de qualquer programa. “Um programa ou um projeto de ciência, tecnologia e inovação deve ter recursos previstos para isto desde sua origem”, muito embora isso não seja feito e o resultado é se medir o que entra de recursos e não o quanto sai, ou seja, os impactos reais na sociedade. Outro ponto a ser atingido na opinião de Salles-Filho é o aprimoramento de métodos, para que sejam mais abrangentes com o leque de dimensões que deve ser avaliado (econômico, social, ambiental, político etc).

Simone Pallone

Fotos: Len Rubenstein

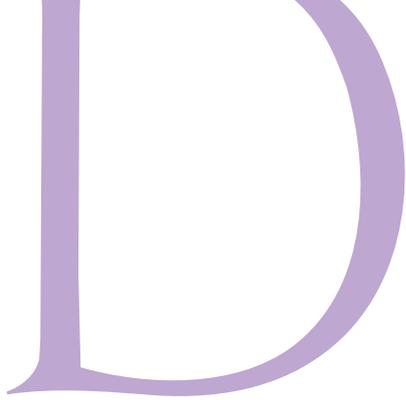


Bang Wong

ENTREVISTA

Valorizando a visualização de dados biológicos na era da informação

Desde que Bang Wong começou sua formação acadêmica, estava certo de que queria combinar ciência, medicina, ilustração e expressão artística da ciência em sua carreira. Durante a pós-graduação em imunologia na prestigiosa Universidade Johns Hopkins, nos Estados Unidos, passava todos os dias pelo mesmo prédio para comprar o indispensável café matinal. Ali era oferecido um curso de ilustração médica e Wong sempre acompanhava o que acontecia no programa, tão concorrido quanto a escola



Notícias do Mundo

de medicina. Mesmo tendo o pedido de assistir como ouvinte a algumas aulas de ilustração negado, Wong pediu licença da pós-graduação e passou três meses preparando seu portfólio, que deveria incluir uma prova de habilidades artísticas tradicionais. Deu certo. Ele foi aprovado e terminou os cursos de arte e imunologia. Hoje ele é diretor de criação do Instituto Broad, ligado ao MIT e à Universidade de Harvard, em Cambridge, e trabalha com expressão visual de conceitos científicos. Recentemente, foi eleito pela revista *Nature Medicine* como um dos líderes inovadores na interface entre arte e medicina e ganhou, em 2010, a coluna mensal “Points of view” na revista *Nature Methods*, onde trata da comunicação visual da ciência. “O foco da coluna é estabelecer um enquadramento conceitual para comunicação visual da ciência, mas também fornecer dicas que as pessoas possam usar diretamente em seus trabalhos”, diz. Nessa entrevista, Wong fala sobre a importância da área de visualização de dados biológicos, muito menos avançada, segundo ele, do que a visualização de dados sociais. Dados de genomas, proteínas, células, organismos e populações podem ser apresentados de maneiras cada vez mais atrativas. “Se as pessoas valorizarem a visualização de dados como ferramenta

poderosa de comunicação que gostariam de usar, passariam a pensar mais sobre o quanto e em como a visualização impacta a mensagem a ser transmitida”, afirma.

A pesquisa em biologia está gerando dados cada vez mais complexos e em maior quantidade. Como a visualização ajuda os cientistas a lidar com esse mar de informação?

Com muitos dados, computação e modelagem são críticos. Um dos jeitos que a computação ajuda é aumentando o poder de visualização. Veja o caso do quarteto de Anscombe: quatro grupos de números, idênticos estaticamente, mesma regressão, mesma variância, mas

quando você plota nos gráficos, parecem muito diferentes. Isso mostra a importância de se olhar para os números antes de analisá-los. Penso que o outro papel da visualização é ajudar quando não se sabe o que perguntar sobre o dado; a visualização pode trazer um pouco de intuição que ajuda a ver padrões, permitindo desenvolver um algoritmo computacional inteligente. Um mergulho nos resultados. Esses são os dois papéis da visualização, especialmente importantes, considerando a maneira como fazemos ciência atualmente: gerar dados primeiro, sem necessariamente uma hipótese clara, e dar seguimento à pesquisa a partir daí.



Representação gráfica de árvore filogenética na exposição Móvil Filogenético no MIT



Quais são os principais erros de visualização de dados cometidos pelos cientistas?

A interação de cores pode inserir vieses, e é preciso estar ciente disso. Além disso, plotamos dados usando gráficos de pizza, de barra, dispersão, principalmente por conta da percepção visual. Tentamos organizar coisas em padrões, de modo que quando as vemos depois de decifrá-las, as leremos diferentemente. Outro ponto que observo, que não é necessariamente um erro, é que cientistas tendem a lidar com um conjunto novo de dados olhando para trabalhos que eles publicaram antes, usando os mesmos métodos gráficos, o que pode ou não servir aos seus objetivos. Outras maneiras podem ser mais efetivas. Gastar tempo representando dados pode ser muito vantajoso e proveitoso. Veja o caso dos infográficos, cada vez mais presentes nos veículos de comunicação. Quando determinada informação é bem apresentada, a comunicação se torna mais efetiva. Hoje em dia, não são só as manchetes que chamam a atenção, mas também os infográficos. Com isso, melhora a interpretação de gráficos feita pelo público geral.

Como ajudar os cientistas a trabalhar melhor a visualização de dados?

Penso que é uma questão de valor. Se as pessoas valorizarem a visualização de dados como ferramenta poderosa de comunicação que gostariam de usar, passariam a pensar mais sobre o quanto e em como a visualização

impacta a mensagem a ser transmitida. Estamos acostumados a pedir que outros leiam e comentem nossos textos, mas não fazemos o mesmo com figuras e ilustrações. Precisamos mostrar figuras para nossos colegas e perguntar o que acham. No entanto, fazer gráficos em computadores não é tão fácil quanto escrever. Montar gráficos usando o PowerPoint, por exemplo, não é natural e é limitado. Há outras ferramentas como o Illustrator, mas não é tão fácil de usar e nem é intuitivo; é preciso memorizar vários passos e normalmente dependemos de outra pessoa.

Os cientistas precisam pensar mais sobre visualização, em como representar dados. Vale desenhar no guardanapo, como sugere o interessantíssimo livro *The back of the napkin* [de Dan Roam, 2008]. Fazer um rascunho no guardanapo e depois traduzir para o formato digital. Desenhos em guardanapos são uma maneira muito boa de comunicar. Claro que é difícil transferir para a tela do computador o que está na sua cabeça. O que o cientista pode fazer? Trabalhar com alguém acostumado com softwares de desenho, ilustradores e, de preferência, familiarizado com o tópico científico.

O livro de autoria de Edward Tufte, *The visual display of quantitative information* [Graphics Press, 2001], contém exemplos convincentes de como histórias podem ser contadas por meio de gráficos estatísticos bem desenhados ou como gráficos ruins

podem induzir a erros. No entanto, o trabalho seminal na apresentação visual de dados quantitativos é do cartógrafo francês Jacques Bertin. Em seu livro *Semiology of graphics: diagrams, networks, maps* (reimpreso em 2010), Bertin mostra como “variáveis da retina” podem ser usadas para codificar informação.

Quais são os desafios da área?

Os cientistas percebem que há um valor na visualização, mas não sabem muito bem onde colocá-lo. Onde realizar o trabalho? Quem financia? Quem faz? Aqui no Instituto Broad, as pessoas dizem que visualização é importante, que precisamos ver todos esses dados gerados, mas nem sempre fica claro quem exatamente vai fazer o trabalho. Um dos desafios é achar o grupo adequado de pessoas. Atualmente, as pessoas que fazem são engenheiros de software e cientistas da computação. Não tenho certeza se designers gráficos tradicionais seriam os melhores, embora pensem o tempo todo no visual. Penso que a saída é fazer uma grande mescla de pessoas com diferentes formações, incluindo psicólogos que estudam como entendemos e interpretamos o que vemos. Certas representações visuais são mais eficientes em nos ajudar a enxergar certos dados. Pensar na codificação visual primeiro e depois no software pode ser uma outra abordagem.

Cristina Caldas

Coordenador Roberto G. S. Berlinck

Hamilton Varela Ana Maria Oliveira Battastini
Rafael Fernandes Zanin Elizandra Braganhol
Heloisa Beraldo Carlos Roque Duarte Correia
Caio C. Oliveira Quezia B. Cass Juliana Cristina
Barreiro Márcia R. Almeida Angelo C. Pinto

Q U Í M I C A

H₂O N ≡ N 6SiO₂ CO₂ [M g S O 4]

APRESENTAÇÃO

O BRASIL NO ANO INTERNACIONAL DA QUÍMICA

Roberto G. S. Berlinck

O ano de 2011 será o Ano Internacional da Química. Considerando-se que o ano de 2010 foi o Ano Internacional da Biodiversidade, a escolha dos dois temas pode parecer um paradoxo por parte da Unesco. Mas não é. Pelo contrário, a química constitui a base dos processos bioquímicos e biológicos que constituem a vida na sua expressão mais intrínseca. Mas a importância da química extrapola em muito a compreensão dos processos que regem a vida – também é primaz para o desenvolvimento humano e para uma melhor qualidade de vida de uma forma geral.

A edição deste Núcleo Temático da revista *Ciência e Cultura* buscou integrar temas que tragam informações e levem à reflexão sobre a importância da química para o desenvolvimento científico, tecnológico e social. O artigo de Hamilton Varela discute a complexidade de processos físico-químicos que são essenciais para melhor se compreender fenômenos como não-linearidade, emergência, auto-organização. Tais fenômenos são expressos *in vitro* e *in vivo* de maneira ainda pouco compreendida, mas tomam parte em vários sistemas químicos e biológicos. Segue-se o artigo de Ana Maria Oliveira Battastini, Rafael Fernandes Zanin e Elizandra Braganhol que discorre sobre a importância do trifosfato de adenosina (ATP) e de enzimas que o hidrolisam (ATPases). O ATP é a principal fonte de energia dos processos bioquímicos. As enzimas do tipo ATPases exercem uma série de funções essenciais nos processos celulares, uma vez que o ATP toma parte na comunicação química intracelular, bem como em processos fisiológicos como neurotransmissão, processamento da memória, coagulação sanguínea, contração muscular e controle da pressão arterial. Não menos importantes são metais que tomam parte na química inorgânica, e na química bioinorgânica, que também explica o funcionamento de inúmeros processos biológicos. Tal é o tema do artigo de Heloísa de Oliveira Beraldo, que discute o estado da arte e as perspectivas futuras da química inorgânica, tanto em sua fundamentação como em aplicações medicinais e em ciência dos materiais. A autora mostra quão relevante e abrangente pode ser uma área de pesquisa tradicional da química, mas que apresenta vários horizontes possíveis de serem explorados. Mas a química é uma só. E, conseqüentemente, a sepa-

ração artificial entre química inorgânica e química orgânica apenas reforça o conceito de que a química é, realmente, uma só. O Prêmio Nobel de Química de 2010 foi um reconhecimento à utilização de metais em catálise de reações orgânicas. E sobre tal assunto, Carlos Roque Duarte Correia e Caio Oliveira discorrem com muita propriedade, ilustrando aspectos de organocatálise e catálise promovida por metais, ferramentas essenciais para a síntese orgânica do século XXI. Síntese não somente de produtos naturais complexos, mas também de produtos de várias outras aplicações industriais. Em química, as técnicas de análise são absolutamente essenciais. Não há como se prescindir das ferramentas analíticas, que permitem identificar e quantificar produtos e processos amplamente utilizados em laboratório. Quezia Cass e Juliana Cristina Barreiro apresentam os avanços atuais das técnicas analíticas por cromatografia líquida, monodimensional, bidimensional e multidimensional, fazendo uso dos mais diversos detectores, para as mais variadas aplicações. A versatilidade das técnicas analíticas permite o avanço atual tanto na ciência pura quanto na aplicada, e demonstram que o conhecimento do uso dessas técnicas é extremamente importante para a profissão do químico.

Finalmente, Márcia Almeida e Angelo da Cunha Pinto traçam um breve panorama da história da química do Brasil, conhecida de maneira fragmentada por muitos, mas que permite um resgate histórico sobre o surgimento e o crescimento das ciências químicas no Brasil. Esta edição da revista *Ciência e Cultura* demonstra a importância da química como ciência central. Ciência esta tão importante para ser conhecida e apreciada, em sua estética e significado. As aplicações da química são virtualmente infinitas, mas apenas com conhecimento sólido disseminado será possível se promover e fortalecer o desenvolvimento da química no Brasil. Que o Ano Internacional da Química seja um momento de reflexão sobre a sua importância no contexto nacional e internacional. Que a comunidade científica brasileira possa desfrutar deste momento, que apenas se inicia com os artigos aqui publicados.

Roberto G. S. Berlinck é professor titular do Departamento de Físico Química, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP)

DA PARTE PARA O TODO: AUTO-ORGANIZAÇÃO DINÂMICA EM SISTEMAS FÍSICO-QUÍMICOS

Hamilton Varela

Dentro da físico-química, são muitas as linhas de destaque atualmente e que se apresentam como promissoras para o século XXI. Elaborar um prognóstico do que está por vir é uma das atividades cruciais para o planejamento de longo prazo, tão importante em ciência. Adicionalmente, especular sobre o futuro é um exercício intelectual que a sociedade espera dos cientistas, provavelmente os agentes mais preparados para tanto. Reflito a seguir sobre tópicos que, acredito, terão grande desenvolvimento, pois a contribuição da química, e da físico-química em particular, ainda está aquém do seu real potencial.

COMPLEXIDADE E SEUS ELEMENTOS São diversas as definições de complexidade. Nas chamadas ciências exatas, conceitos minimalistas e de aplicação geral são preferíveis aos adotados nas humanidades, como discutido em vários contextos por Edgar Morin (1). Como exemplo do primeiro caso, Whitesides e Ismagilov (2) classificaram um sistema complexo, de forma concisa, como um sistema no qual: (a) sua evolução é muito sensível às condições iniciais ou a pequenas perturbações; (b) o número de componentes independentes interagindo é grande; ou um no qual (c) há vários caminhos através dos quais a evolução do sistema pode proceder. Do ponto de vista termodinâmico, as condições (a) e (c) só podem ser satisfeitas se o sistema estiver aberto, isto é, se suas fronteiras forem permeáveis à troca de energia e/ou matéria com o ambiente. A noção de complexidade em sistemas afastados do estado de equilíbrio termodinâmico está associada aos conceitos de não-linearidade, emergência e auto-organização dinâmica. Na discussão que segue, serão apresentados alguns destes conceitos.

Sistemas abertos - Uma das principais características dos sistemas vivos é a constante troca de energia e matéria com o meio. É a partir dessa troca que o sistema exporta entropia para o ambiente e se mantém no estado auto-organizado que caracteriza a vida. A distância do equilíbrio termodinâmico pode ser facilmente modulada em reações químicas conduzidas em reatores abertos. Nesse caso, a taxa de alimentação de reagentes e retirada dos produtos formados é um dos principais parâmetros que controla a dinâmica do sistema e determina o padrão resultante.

Não-linearidade - No mundo regido pela física newtoniana, não há lugar para não-linearidade e, a partir de dois estados conhecidos, é possível inferir sobre o comportamento futuro de qualquer sistema. Uma vez que o sistema evolui linearmente no tempo, as surpresas estão descartadas e o futuro é dado *a priori*. A validade

das aproximações lineares é restrita às vizinhanças do estado de equilíbrio termodinâmico. Um dos maiores golpes no tratamento linear de causa e efeito foi o reconhecimento da existência dos chamados sistemas caóticos: sistemas descritos por equações diferenciais ordinárias, não-lineares e acopladas, com grande sensibilidade às condições iniciais. Como exemplo mais popular cita-se o “efeito borboleta”: uma causa minúscula, como o bater de asas de uma borboleta numa certa região do planeta, pode resultar em uma enorme consequência, como o surgimento de um tornado, numa outra região arbitrária. Esse efeito foi sugerido exatamente para ilustrar como uma pequena mudança nas condições iniciais utilizadas para alimentar um modelo simples da dinâmica climática poderia gerar grandes efeitos na previsão a longo prazo. Além do comportamento caótico, a ocorrência de cinética excitatória, multiestável e oscilatória são manifestações de não-linearidade.

Emergência - A abordagem cartesiana, fundada com base na construção do todo a partir da soma das partes, tem sido cada vez mais desafiada por problemas de diferentes naturezas. Como um exemplo paradigmático, sabe-se que, por mais precisa que seja a descrição da dinâmica de um neurônio individual, não se pode simplesmente representar a mente que emerge da interação entre essas subunidades a partir da soma das dinâmicas individuais. Propriedades emergentes resultam, pois, do reconhecimento de que o comportamento de um sistema complexo não pode ser entendido em termos apenas da extrapolação das propriedades dos seus componentes individuais. Em outras palavras, as propriedades que emergem no nível macroscópico não podem ser preditas a partir das propriedades dos componentes microscópicos. Nesse sentido, é importante enfatizar que as propriedades emergentes que surgem quando da mudança de escala não estão relacionadas a uma eventual falha na descrição microscópica.

Auto-organização - Sistemas abertos podem se organizar espontaneamente quando sujeitos a um dado gradiente. O termo *auto*, nesse caso, reflete o fato de que não há nenhuma instrução do ambiente sobre como a organização deve ocorrer ou como o sistema deve se adequar em resposta ao gradiente. Em outras palavras, o gradiente imposto é completamente neutro em termos de informações e a organização emerge de dentro do sistema. Quando levados para um estado suficientemente afastado do equilíbrio termodinâmico, tais sistemas não estão mais sujeitos a princípios extremos que regem o estado de equilíbrio e os processos em regime linear. Portanto, a evolução não-linear propicia a coexistência de diferentes estados estáveis para um mesmo conjunto de parâmetros. Processos de auto-organização são ubíquos na natureza: de células a órgãos e organismos, de indivíduos a organizações sociais, de casas a bairros, cidades, etc. Em geral, no contexto da auto-organização dinâmica, mais adequado seria se referir a comportamento complexo em lugar de sistema complexo, uma vez que um *sistema simples* pode apresentar um *comportamento complexo* quando afastado do estado de equilíbrio termodinâmico.

COMPORTAMENTO COMPLEXO EM SISTEMAS FÍSICO-QUÍMICOS

Investigações teórico-experimentais sobre a emergência, seleção e evolução de padrões espaço-temporais em sistemas físico-químicos têm atraído considerável interesse recentemente. Exemplos desses sistemas incluem processos heterogêneos nas interfaces sólido/gás (3; 4) e sólido/líquido (5; 6), assim como reações homogêneas, como no caso dos osciladores da família do bromato (7; 8). Fenômenos temporais complexos na forma de amplificação explosiva de pequenas flutuações (auto-catálise), multiestabilidade, oscilações na concentração de alguns intermediários e dinâmica caótica são relativamente corriqueiros em diversas reações químicas. No entanto, apesar do número considerável de exemplos conhecidos, ainda não há uma taxonomia abrangente de tais reações e são poucas as aplicações relatadas. Explorar a cinética não-linear presente em reações químicas na detecção de traços e no aumento da conversão e/ou seletividade em alguns processos são duas possibilidades de grande potencial. Especificamente, elucidar regimes não convencionais em reações catalíticas de importância prática (redução de nitrato, redução de gás carbônico, eletro-oxidação de moléculas orgânicas pequenas, entre outros) pode ser muito vantajoso, principalmente quando experimentos de bancada e numéricos andam juntos, uma vez que não-linearidades observadas no laboratório, modeladas e simuladas podem ser fontes de importantes informações mecanísticas (9).

O acoplamento entre a cinética temporal não-linear e processos de transporte pode resultar em auto-organização espaço-temporal, vide as ondas químicas e frentes reacionais. Esses processos permitem a manutenção de gradientes periódicos de concentração e são a fonte primária de troca de informação entre diferentes locais no espaço. Acredita-se que esses mecanismos de reação e transporte operem em sistemas bioquímicos nos níveis intra e intercelular. Dessa forma, uma motivação importante para essas investigações consiste na possibilidade de utilização de análogos físico-químicos como modelos funcionais no estudo de padrões de atividade em sistemas biológicos, obviamente bem mais complexos e menos tratáveis (10). O desenvolvimento de estruturas autorreplicantes pode ser citado como um exemplo interessante de auto-organização em sistemas químicos inspirada na origem e síntese da vida. Analogias com comportamento equivalente em sistemas biológicos vêm sendo propostas e esta será uma área de grande efervescência num futuro próximo. Em última instância, não custa lembrar que todos os sistemas vivos são regidos por ciclos ou dinâmica oscilatória. Desvendar a natureza dos processos responsáveis pela robustez dos organismos vivos, ou a relativa independência das funções básicas dos sistemas com respeito a fatores ambientais, ou homeostase geral, é importante ao entendimento dos processos associados à manutenção da vida. Como exemplo, observou-se recentemente que um conjunto relativamente simples de reações eletroquímicas acopladas mostrou relativa independência da frequência de oscilação com respeito à temperatura (11). Mais que

uma simples insensibilidade em relação à temperatura, foi observado que a compensação de temperatura resulta do acoplamento não trivial das reações elementares envolvidas. Entender como essas relações cooperam para gerar compensação de temperatura é importante na elaboração de modelos mínimos para esse tipo de comportamento em sistemas vivos.

Além dos processos bioinspirados, processos de auto-organização também desempenham um papel importante numa geração emergente de novos materiais. Oscilações autônomas em materiais poliméricos e géis também encontram várias aplicações nos chamados materiais funcionais, com propriedades biomiméticas (12). Adicionalmente à auto-organização dinâmica, a sua versão estática vem emergindo como bastante promissora. Ainda que estruturado em processos afastados do equilíbrio termodinâmico, o padrão formado permanece estável quando a dissipação cessa. Auto-organização ou automontagem estática vem sendo bastante utilizada na preparação de materiais estruturados com aplicações específicas, c.f. a precipitação oscilatória e os processos de reação-difusão, utilizados na produção de estruturas funcionais tridimensionais em micro e nanoescalas (13).

A interrelação entre distintas escalas de tempo e espaço é a questão central que permeia o estudo da emergência em sistemas complexos. Abordagens sistêmicas com diferentes finalidades foram recentemente estruturadas no âmbito da química de sistemas (14). A exemplo do sucesso da biologia de sistemas, essa proposta integradora tem como objetivo principal avançar no entendimento das propriedades emergentes em sistemas químicos. No caso da biologia, um tratamento sistêmico pressupõe uma mudança de foco da escala molecular para escalas superiores, particularmente em

termos do entendimento da estrutura e da dinâmica de funções em diferentes níveis, englobando desde as celulares até as do organismo como um todo. Na química de sistemas, o objetivo central é o avanço no entendimento das propriedades emergentes em sistemas químicos nos quais muitas variáveis (relativas à descrição dos componentes ou estados) são tratadas simultaneamente. É uma transição de uma química descritiva com base em subdisciplinas e divisões rígidas para uma abordagem mais abrangente e integradora. Além dos sistemas sob o chamado controle cinético que se encontram afastados do estado de equilíbrio termodinâmico, a química de sistemas se ocupa também dos sistemas ditos sob controle termodinâmico. Em uma Coleção Combinatorial Dinâmica (Dynamic Combinatorial Library, DCL), todos os constituintes estão em equilíbrio, de forma que a interconversão entre os membros da coleção ocorre de forma reversível e envolve vínculos intra e/ou intermoleculares. A amplificação ou aumento na concentração de determinada espécie selecionará o composto mais estabilizado por interações com outro membro da coleção, com ele mesmo ou com um molde, de modo que a distribuição final de equilíbrio é ditada pela minimização da energia global. Nessas redes moleculares complexas, os membros se encontram conectados por reações

**TODOS OS
SISTEMAS VIVOS
SÃO REGIDOS
POR CICLOS
OU DINÂMICA
OSCILATÓRIA**

em equilíbrio e qualquer mudança na estabilidade de um membro será sentida por todos os outros membros da coleção.

Tomadas como metáforas, abordagens sistêmicas representam a busca por uma discussão mais abrangente dos sistemas complexos e são excelentes modelos na elaboração de hipóteses, desenho e planejamento de experimentos e proposição de analogias na discussão de resultados.

PARA ALÉM DA FÍSICO-QUÍMICA CLÁSSICA Atuar em níveis mais complexos da atividade científica pressupõe uma formação mais ampla que transcende um currículo específico de um determinado curso de graduação. Em físico-química, matemática, física e química estão intimamente ligadas e, portanto, uma formação sólida nessas disciplinas é fundamental. Generalizações a partir da correlação com fenômenos de outras áreas pressupõem certa fluência ou cultura científica geral. Especificamente no contexto das linhas mencionadas aqui, biologia é uma ciência central.

Qualquer busca na literatura científica deixará claro que os temas abordados aqui são ainda pouco explorados pela comunidade química, de forma que as possibilidades de crescimento são enormes. Entender o motivo da aparente lacuna, deixada particularmente pela físico-química em campos tão férteis, pode ser útil na mudança desse cenário. Reconhecendo a imprecisão e incompletude comuns às definições e classificações em geral, pode-se afirmar que a físico-química trata da natureza física dos sistemas químicos. Neste ramo da química, leis e conceitos tradicionalmente oriundos da física são utilizados na descrição e no tratamento de sistemas químicos. Entre as áreas mais tradicionais da físico-química, tem-se: termodinâmica (clássica e estatística), cinética química, eletroquímica, fotoquímica, química de superfície, química quântica e espectroscopia, entre outras. Como observado no caso da física clássica, não há muitas possibilidades de emergência de comportamento complexo no contexto tradicional dessas áreas, principalmente se considerados os textos clássicos utilizados nos cursos de graduação. Como exemplo, foi apresentado anteriormente que a auto-organização dinâmica ocorre em sistemas “abertos e afastados do estado de equilíbrio”, situações não consideradas em cursos tradicionais de termodinâmica. Ênfase nos estados de equilíbrio e pouca familiaridade com fenômenos de transporte são certamente fatores importantes que contribuem para a fraca conexão entre a físico-química clássica e os temas discutidos aqui. Com efeito, cinética e termodinâmica são tópicos tradicionalmente dissociados, e exemplos de cinética oscilatória, quando incluídos nos textos básicos, tratam o tema como comportamento exótico. O foco tradicional no nível molecular dos fenômenos pode dificultar o entendimento de padrões formados em meso e macroescala. Finalmente, o diálogo entre experimento e teoria (incluindo métodos analíticos e numéricos), tão necessário no tratamento de problemas complexos, ainda está confinado a algumas poucas áreas da físico-química.

CONCLUSÃO Abstraindo um pouco da trajetória apresentada aqui, espero ter deixado clara a importância da integração entre diferentes áreas ou disciplinas, artificialmente segmentadas. Afinal, problemas complexos requerem soluções não necessariamente complexas, mas

pouco convencionais. Diferentes olhares se fazem necessários e, da experiência transdisciplinar, mais que a solução do problema em si, resulta a criação de uma cultura, com impactos profundos, inclusive, na organização e na forma de fazer ciência.

A transdisciplinaridade engloba e transcende todas as formas de diálogo entre diferentes disciplinas e deve ser vista como um princípio a ser considerado sempre que a definição de problemas e suas soluções não são possíveis a partir de uma dada disciplina. Como discutido, transitar entre diferentes disciplinas tem como pré-condição certo grau de competência nas disciplinas em si (15). Satisfeita esta condição, a transdisciplinaridade representa a estrutura teórica para se abordar problemas de natureza complexa.

Além do conselho *avoid crowds*, válido especialmente para cientistas em início de carreira, um olhar sobre áreas de pesquisa em processo de estabelecimento pode ser extremamente benéfico. Isto é especialmente verdade se, além de pouco povoada, a área emergente envolver questões intelectualmente interessantes e desafiadoras. Atuar em áreas bem estabelecidas pode trazer uma confortável sensação de pertencer a uma dada comunidade. Fundamental, no entanto, é tentar enxergar o todo e buscar as grandes questões, pois estas são a principal força motriz da ciência que faz a diferença.

Hamilton Varela é professor do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. É membro fundador do ERTL Center na Coreia do Sul, onde atua, desde outubro de 2010, como responsável pela área temática de cinética complexa. Foi eleito membro afiliado da Academia Brasileira de Ciências em 2009. Email: varela@iqsc.usp.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Morin, E.. *A cabeça bem-feita*. Bertrand Brasil. 2010.
2. Whitesides, G. M.; Ismagilov, R. F.. *Science*, Vol.284, no.89. 1999.
3. Ertl, G.. *Science*, Vol.254, no.1750. 1991.
4. Imbihl, R.; Ertl, G.. *Chem. Rev.* Vol.95, no.697. 1995.
5. Krischer, K.. "Principles of spatial and temporal pattern formation in electrochemical systems", in *Modern aspects of electrochemistry*, B. E. Conway, J. Bockris and R. White, editors. Kluwer Academic/Plenum Publishers, Vol.32, p.1. 1999.
6. Varela, H.; Beta, C.; Bonnefont, A.; Krischer, K. *Phys. Rev. Lett.* Vol.94, no.17, pp.174104. 2005.
7. Zhabotinsky, A. M.. *Chaos*, Vol.1, pp.379-386. 1991.
8. Faria, R. B.; *Quim. Nova*, Vol.18, no.281. 1995.
9. Barista, B. C.; Varela, H.. *J. Phys. Chem. C*, Vol.114, no.43, pp.18494-18500. 2010.
10. Müller, S. C.; Hauser, M. J. B.; "Patterns and waves in chemistry and biology". In: *Handbook of biomimetics*; Osaka, Y., et all. Eds.; NTS Books, p.87. 2000.
11. Nagao, R. et all. *Chem. A*, Vol.112, pp.4617-4624, 2008.
12. Yoshida, R.. *Adv. Mater.* Vol.22, pp.3463-3483. 2010.
13. Grzybowski, B.A. et all. *Soft Matter*, Vol.1, no.114. 2005.
14. Von Kiedrowski, G.; Otto, S.; Herdewijn, P.. *J. Syst. Chem.* Vol.1, no.1. 2010.
15. Mittelstrass, J.. "Transdisciplinarity - new structures in science", In: *Innovative structures in basic research*. Schloss Ringberg, 2000. <http://xserve02.mpiwg-berlin.mpg.de/ringberg/Talks/mittels%20-%20CHECKOUT/Mittelstrass.html>. Acessado em 05.11.10

RECENTES AVANÇOS NO ESTUDO DAS ENZIMAS QUE HIDROLISAM O ATP EXTRACELULAR

Ana Maria Oliveira Battastini
Rafael Fernandes Zanin,
Elizandra Braganhol

ATP: A MOEDA ENERGÉTICA DAS CÉLULAS Os seres vivos que habitam nosso planeta compartilham um conjunto de características comuns que os distinguem da matéria não viva. Dentre essas características, podemos citar: a) um preciso tipo de organização; b) habilidade em manter um meio interno adequado frente a variações do meio externo (homeostasia); c) capacidade de movimentação; d) reatividade a determinados estímulos; e) crescimento, desenvolvimento e reprodução, dentre outras. Para manter as características citadas, os organismos vivos precisam contar com uma fonte contínua de energia. Em outras palavras, toda e qualquer atividade de uma célula ou organismo vivo requer energia. A energia flui desde sua fonte original – o sol – para os seres vivos e, daí, entre as células individuais. A vida na Terra depende de uma constante absorção de energia do sol e, se privada dessa energia, a vida para. Há, portanto, uma interdependência entre os seres vivos e o meio ambiente e entre os próprios seres vivos para obtenção dessa energia. Como sabemos, os seres vivos diferem quanto à forma de obtenção de energia. De uma maneira simplificada podemos dizer que existem os seres produtores (autotróficos), os quais obtêm energia diretamente do sol, transformam essa energia e a “armazenam” na forma de moléculas orgânicas através da fotossíntese; e os seres heterotróficos (consumidores), que dependem dos autotróficos para obter energia na forma dessas moléculas orgânicas ricas em energia. A moeda “transferidora” de energia em todos os seres vivos é a adenosina-5'-trifosfato (ATP), um nucleotídeo derivado da adenina (Figura 1). O metabolismo celular é o conjunto de reações químicas (bioquímicas) altamente organizado e regulado que habilita os seres vivos a transformar e utilizar as diferentes formas de energia obtidas do ambiente, através, na grande maioria das vezes, do ATP como intermediário transferidor de energia. Assim, o ATP, presente em todas as células vivas, é reconhecido pelo seu papel intracelular no metabolismo energético. As células continuamente produzem ATP por processos que envolvem a ligação do fosfato inorgânico (Pi) ao ADP e que requerem uma fonte de energia. Por sua vez, a energia do ATP é transferida para os diferentes processos biológicos (síntese de biomoléculas, contração muscular, transporte de íons etc) através da hidrólise de seu fosfato terminal, o que gera um contínuo ciclo de síntese e degradação do ATP (Figura 1). É importante ressaltar que o ADP, produto da hidrólise do ATP, também pode ser hidrolisado, gerando AMP, o qual pode gerar o nucleosídeo adenosina. A adenosina pode ser reutilizada, dando origem a novas moléculas de ATP ou, por uma sequência de reações enzimáticas, ser levada à rota de degradação das purinas (1). Sem essa fonte primordial e imediata de energia (ATP), as células

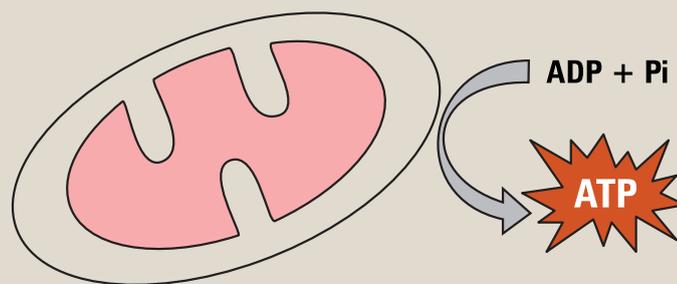


Figura 1. ATP intracelular - fonte de energia para as mais diversas atividades biológicas

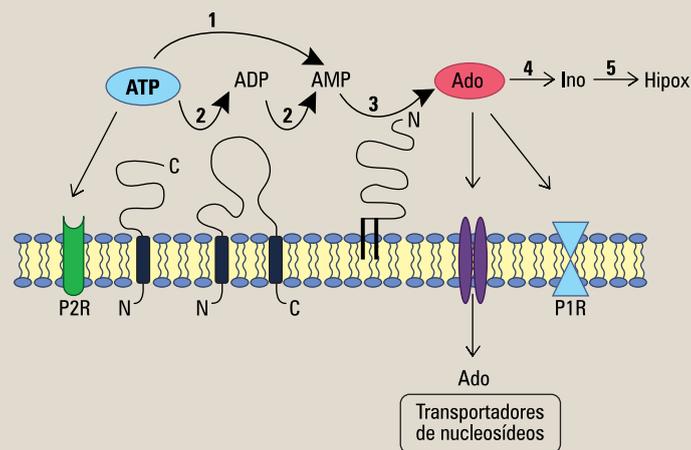
não sobrevivem e, assim sendo, a observação e subsequente aceitação de um possível papel para o ATP fora da célula pareceu muito pouco provável durante décadas.

ATP COMO MENSAGEIRO CELULAR O primeiro relato, envolvendo as ações extracelulares de nucleotídeos e nucleosídeos da purina, foi descrito em 1929 por Drury e Szent-Györgyi (2) no sistema cardiovascular. Desde então, os estudos sobre os efeitos dessas moléculas no meio extracelular, em especial do ATP e seu produto de degradação, a adenosina, continuaram avançando. Uma série de outras ações dessas substâncias foi observada em diferentes processos biológicos, incluindo transmissão nervosa, contração muscular, coagulação sanguínea, pressão arterial, metabolismo ósseo, câncer, dor, inflamação, entre outros. Assim, após décadas de estudos, ficou claro que o ATP e seus produtos de degradação ADP, AMP e adenosina, assim como outros nucleotídeos e nucleosídeos, constituem um conjunto de moléculas que agem como mensageiros das células, exercendo, assim, uma variedade de efeitos sobre os mais diversos tecidos e sistemas (3). Mas como o ATP é liberado das células? Os nucleotídeos encontram-se presentes em altas concentrações no interior das células quando comparadas ao meio extracelular, o que é característico de moléculas sinalizadoras. Assim, em resposta a diferentes estímulos ou condições, incluindo dano à membrana plasmática das células induzido por hipóxia, isquemia ou inflamação, concentrações crescentes de nucleotídeos podem ser liberadas no meio extracelular. Além dessas formas de liberação, relacionadas principalmente ao dano celular, o ATP pode ser liberado de células intactas por mecanismos fisiológicos, como ocorre, por exemplo, na transmissão nervosa (4). Uma vez liberados no meio extracelular, os nucleotídeos interagem com receptores específicos, os denominados receptores purinérgicos, os quais estabelecem a comunicação denominada “purinérgica” entre as células (3). Essa sinalização é finalizada pela ação de enzimas que hidrolisam os nucleotídeos até os seus respectivos nucleosídeos no meio extracelular, como será apresentado a seguir.

O QUE SÃO ATPASES? ATPases são enzimas que hidrolisam o grupo fosfato terminal do ATP, sendo amplamente distribuídas na natureza com diferentes papéis biológicos. A existência de vários compartimen-

tos no interior das células (organelas e uma rede altamente organizada de membranas) e a manutenção de um equilíbrio de solutos nesses vários compartimentos requerem um mecanismo preciso e constante de suprimento de energia. As chamadas “bombas de prótons” (ATPases) desempenham, nesse contexto, um papel fundamental no provimento dessa energia, essencial para a vida celular. Tais enzimas utilizam a energia liberada da hidrólise do ATP para manter o ativo processo de transporte de solutos através das membranas, bem como para manter o pH dentro dos limites fisiológicos compatíveis com a vida celular. As ATPases intracelulares, ou próton-ATPases, são divididas em três famílias distintas: P, F e V-ATPases. Na família das P-ATPases (“P” de “phospho-ATPases”) identificamos as bombas específicas de transporte de cátions como a Na^+ , K^+ -ATPase, a Ca^{2+} -ATPase do retículo sarcoplasmático, a H^+/K^+ -ATPase da mucosa gástrica e a H^+ -ATPase de plantas (5). As F-ATPases (ou F_0F_1 -ATPase) estão presentes na membrana de bactérias e nas mitocôndrias e cloroplastos, tendo sua função relacionada aos processos de síntese de ATP (ATP-sintase). As V-ATPases (ou ATPase-vacuolares) estão presentes em sistemas de membranas intracelulares de células eucarióticas, incluindo vacúolos e o complexo de Golgi, entre outros. Elas são responsáveis pela acidificação do interior desses compartimentos, bem como para suprir energia para o processo de transporte que ocorre através de suas membranas. Todas essas enzimas apresentam, como característica comum, o fato de terem seus sítios catalíticos voltados para o espaço intracelular e terem suas funções catalíticas relacionadas a processos de utilização e/ou transferência de energia (5).

APIRASES OU ECTO-ATPASES: O QUE SÃO? Em 1995, uma excelente revisão sobre as diferentes ATPases foi publicada (6). Nessa revisão, foi apresentada uma nova classe de enzimas, denominadas de ATPases do tipo E-, ou Ecto-ATPases. Hoje se sabe que existe um eficiente sistema constituído por várias enzimas denominadas coletivamente de ectonucleotidasas, as quais recebem denominações relativamente complexas e incluem formas ligadas à membrana plasmática das células (ecto-enzimas), com o sítio ativo voltado para o meio extracelular ou formas enzimáticas secretadas solúveis. Dentre as enzimas associadas às membranas encontramos: as ecto-nucleosídeo-trifosfato-difosfohidrolases (E-NTPDases; apirases), as ecto-nucleotídeo pirofosfatase/fosfodiesterase (E-NPPs), a ecto-adenilato cinase e as ecto-fosfatases alcalinas, as quais são capazes de degradar o ATP e o ADP até AMP. Finalmente, a ecto-5'-nucleotidase/CD73 (5'-NT/CD73), enzima marca-passos da rota de degradação dos nucleotídeos, e que hidrolisa o AMP até adenosina. Através de reações sucessivas, essas enzimas constituem uma cascata enzimática altamente eficiente, capaz de controlar a concentração e o tempo em que o ATP e seus derivados permanecem no espaço extracelular (Figura 2) (7; 8). Além do controle da sinalização purinérgica, as ecto-nucleotidasas garantem uma “via de salvação” ou de recuperação das purinas, uma vez que os nucleotídeos não retornam ao interior das células sem antes terem seus fosfatos terminais retirados. Dessa forma, após a ação dessas enzimas, o nucleosídeo adenosina pode ser captado pelas células através de transportadores específicos, o que garante a reutilização dessa molécula para a síntese de ATP intracelular.



- | | |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. E-NPP | $\text{ATP} \rightarrow \text{AMP} + \text{PPi}$ |
| 2. E-NTPDase | $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{Pi}$; $\text{ADP} \rightarrow \text{AMP} + \text{Pi}$ |
| 3. Ecto-5' - nucleotidase | $\text{AMP} \rightarrow \text{adenosina} + \text{Pi}$ |
| 4. Adenosina deaminase | $\text{Adenosina} \rightarrow \text{Inosina}$ |
| 5. PNP | $\text{Inosina} \rightarrow \text{hipoxantina}$ |

Figura 2. Principais enzimas envolvidas na remoção de nucleotídeos extracelulares. A via de hidrólise dos nucleotídeos inclui ao menos três famílias de ectoenzimas: E-NPP, E-NTPDase e a ecto-5'-nucleotidase. Uma vez liberado para o meio extracelular, o ATP desencadeia uma série de eventos biológicos como neurotransmissão excitatória, proliferação celular ou apoptose, via ativação de receptores purinérgicos do tipo P2 (P2R). Uma forma importante de controlar os efeitos do ATP extracelular é a sua hidrólise até adenosina pela ação de ectonucleotidasas. A adenosina (Ado) resultante, via ativação de receptores purinérgicos do tipo P1 (PIR), pode mediar uma série de eventos biológicos, incluindo neuromodulação, proliferação celular e vasodilatação. Esse nucleosídeo é então transportado para o meio intracelular para a geração de novas moléculas de ATP ou, ainda, pode ser deaminada a inosina (Ino) e hipoxantina (Hipox) através das reações sequenciais catalisadas pela ecto-adenosina deaminase (ADA) e purina nucleosídeo fosfohidrolase (PNP). Essa figura, particularmente, destaca os mecanismos enzimáticos envolvidos no controle da sinalização desencadeada pelos nucleotídeos de adenina (ATP) e de adenosina. Entretanto, outros nucleotídeos e seus compostos derivados também são substratos para essas ecto-enzimas.

Conforme mostra a figura 2, a primeira etapa de hidrólise do ATP pode ser catalisada por uma família de enzimas, atualmente denominadas de E-NTPDases. De fato, os primeiros estudos sobre essas enzimas coincidem com as primeiras investigações sobre os processos básicos do metabolismo celular, tais como a fermentação em células de leveduras e plantas (9). Em 1945, Meyhorf (10) denominou essa classe de enzimas como “apirases” (de adenilpirofosfatase), pelo fato das mesmas hidrolisarem os dois fosfatos do ATP, produzindo AMP, ao contrário das ATPases, que hidrolisam apenas o fosfato terminal da molécula. Desde então, inúmeras “apirases”

foram purificadas e caracterizadas, indicando uma ampla distribuição na natureza, desde vegetais e invertebrados até mamíferos. Entretanto, no mesmo período em que as “apirases” estavam sendo estudadas, foram descritas outras enzimas capazes de hidrolisar o ATP extracelular, as quais foram denominadas de ecto-ATPases (6). Assim, durante muitos anos, houve uma relativa confusão na literatura quanto à natureza química e molecular das enzimas que desempenhavam esse importante papel biológico, até que na década de 1990, estudos moleculares levaram à identificação dos genes que codificam a síntese dessas proteínas. As primeiras caracterizações moleculares das “apirases” ocorreram em 1996, quando experimentos realizados com uma apirase extraída da batata (11) e com a enzima proveniente de diferentes tecidos de mamíferos (12) confirmaram uma homologia estrutural entre essas enzimas. Uma nova nomenclatura foi proposta em 1999, e essa enzima foi identificada como a E-NTPDase1, originalmente classificada como uma ATP-difosfohidrolase e assim denominada na literatura até meados dos anos 1980 (EC 3.6.1.5; apirase) (13).

Em 1997, Kegel e colaboradores demonstraram a coexistência de duas enzimas em vários tipos de células (tecido nervoso, cardíaco renal, entre outros) capazes de hidrolisar de forma diferenciada o ATP. Uma delas hidrolisava o ATP e o ADP com praticamente a mesma velocidade (“apirase”) e a outra apresentava uma elevada preferência pelo ATP como substrato, deixando clara a existência de enzimas diferentes na mesma célula capazes de catalisar de forma similar a mesma reação, porém com distinta preferência por substrato.

Hoje se sabe que a família das E-NTPDases não é composta somente por duas enzimas, mas sim por 8 enzimas distintas. Dentro dessa família, as NTPDases1, 2, 3 e 8 são as de maior destaque no que diz respeito ao controle da resposta purinérgica, visto que se encontram ancoradas à membrana plasmática com o sítio catalítico voltado para o meio extracelular ou seja, funcionam como ecto-enzimas (8). As NTPDases5 e 6 têm localização intracelular, mas podem ser encontradas fora da célula na forma solúvel secretada, enquanto que as NTPDases4 e 7 estão localizadas intracelularmente com seus sítios ativos voltados para o lúmen de organelas citoplasmáticas e estão, dessa forma, envolvidas em processos de controle dos níveis de nucleotídeos dentro dessas organelas.

A hidrólise do AMP até adenosina é catalisada pela enzima 5'-nucleotidase. Como mostrado na figura 2, a forma ligada à membrana plasmática (ecto-5'-nucleotidase/CD73) é a principal fonte enzimática de adenosina no meio extracelular (14).

TENDÊNCIAS NO ESTUDO DAS ECTO-NUCLEOTIDASES A história das ecto-nucleotidases nos mostra que, após pouco mais de meio século, as enzimas que hidrolisam o ATP extracelular passaram da condição de simples “artefatos experimentais” sem função biológica definida ao foco de intensa atenção e pesquisa científica. Atualmente, a comunicação celular mediada pelos nucleotídeos e nucleosídeos, assim como a participação das ecto-enzimas envolvidas no controle dessa comunicação, são reconhecidas e intensamente investigadas em diversos sistemas biológicos. Nesse aspecto, podemos identificar estudos importantes dessas enzimas

em processos fisiológicos como neurotransmissão, processamento da memória, coagulação sanguínea, contração muscular, controle da pressão arterial, entre outros (8).

Especificamente em relação aos estudos das E-NTPases e ecto-5'-nucleotidases, podemos citar o importante papel das “apirases” presentes na saliva de insetos hematófagos (15;16) e em parasitas (17;18), ficando evidente a importância dos estudos sobre essas enzimas na busca de soluções para doenças que ainda afetam expressiva parcela da população mundial. Além disso, tem chamado atenção a participação desse sistema enzimático na fisiopatologia da dor, no estresse, na imunidade, nos processos infecciosos, em doenças do trato respiratório, doenças inflamatórias e autoimunes, doenças cardiovasculares e câncer (8;19;20).

Em conclusão, os recentes avanços no estudo dessas enzimas revelam a importância dessa área do conhecimento da bioquímica não somente no âmbito da pesquisa pura, mas também com clara e potencial aplicação na investigação das causas e tratamento de inúmeras doenças para as quais ainda não estão disponíveis tratamentos eficientes para sua cura.

Ana Maria Oliveira Battastini é professora do Departamento de Bioquímica, ICBS, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pesquisadora 1B do CNPq; coordenadora do grupo de pesquisa “Sistema Purinérgico: receptores e ectonucleotidases em células tumorais e em patologias do sistema nervoso central”. Email: abattastini@gmail.com

Rafael Fernandes Zanin é aluno de doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Bioquímica, ICBS, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. Email: rafaelzaninn@gmail.com

Elizandra Braganhol é bolsista de pós-doutorado (PDJ-CNPq) do Departamento de Bioquímica, ICBS, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. Email: elizbraganhol@yahoo.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Nelson, D.L. and Cox, M.M. *Principles of biochemistry*, 5th Ed. W.H. Freeman and Company, New York. 2008.
- Drury, A.N.; Szent-Györgyi, A.. *J. Physiol.* 68, 213. 1929.
- Burnstock, G. *British J. Pharmacol.* 147, S172-S181. 2006.
- G. Burnstock, *Trends in Pharmacol. Sci.* 27, 166. 2006.
- Nelson, N.; Taiz, L. *Trends in Biochem. Sci.* 14, 113. 1989.
- Plesner, L. *Int. Rev. Cytol.*, 158, 141. 1995.
- Zimmermann, H. *Drug Dev. Res.* 52, 44. 2001.
- Robson, S.C. *et al.*, *Pur. Signal.* 2, 409. 2006.
- Lohmann, K. *Biochem Z.* 194, 306. 1928.
- Meyhorf, O. *J. Biol. Chem.* 157, 105. 1945.
- Handa, M.; Guidotti, G. *Biochem Biophys. Res. Commun.* 218, 916. 1996.
- Kaczmarek, E. *et al.*, *J. Biol. Chem.* 271, 33116. 1996.
- Battastini, A.M.O. *et al.*, *Neurochem Res.* 16, 1303. 1991.
- Colgan, S.P. *et al.*, *Pur. Signal.* 2, 351. 2006.
- Ribeiro, J.M. *et al.*, *Comp. Biochem. Physiol.* 79B, 81. 1984.
- Sarkis, J.J.F. *et al.*, *Biochem. J.* 233, 885. 1986.
- Tasca, T. *et al.*, *Parasitology* 131, 71. 2005.
- Kiffer-Moreira, T. *et al.*, *FEMS Yeast Res* 10, 735. 2010.
- Schetinger, M.R.; Morsch, V.M.; Bonan, C.D. *Biofactors* 31, 77. 2007.
- Stagg, J.; Smyth, M.J. *Oncogene* 29, 5346. 2010.

TENDÊNCIAS ATUAIS E AS PERSPECTIVAS FUTURAS DA QUÍMICA INORGÂNICA

Heloisa Beraldo

A pesquisa moderna em química inorgânica relaciona-se em grande parte à química de coordenação, que se desenvolveu de forma consistente a partir dos anos 1950-1960, e avançou com a fabricação de instrumentos de medida, tais como os difratômetros de raios X, os aparelhos de ressonância magnética multinuclear e os equipamentos de cinética *stopped flow*. As investigações sobre cinética e mecanismos de reações inorgânicas tornaram-se possíveis graças ao uso de isótopos como ^2H , ^{18}O e ^{36}Cl que ficaram disponíveis como consequência dos estudos de fissão nuclear que ocorreram durante a Segunda Guerra Mundial (1).

A compreensão da química de coordenação deve muito a Alfred Werner, o primeiro químico inorgânico a receber o prêmio Nobel (1913). Assim, pode-se considerar que a química de coordenação fará 100 anos em 2013. No século que se passou entre os trabalhos de Werner até os dias atuais, essa área extravasou o domínio dos químicos inorgânicos para um domínio muito mais amplo, envolvendo de bioquímicos até cientistas dos materiais (2).

Atualmente a química inorgânica dedica-se a temas que incluem desde a química bioinorgânica até a catálise e os materiais inorgânicos, a conversão de energia solar, a nanotecnologia e a química supramolecular. Algumas tendências atuais e perspectivas da área podem ser consideradas, embora o tema seja vastíssimo e a percepção dessas tendências possa variar de observador para observador. Para escrever este artigo foram consultados números temáticos de revistas importantes da área, tais como *Chemical Reviews*, *Coordination Chemistry Reviews*, *Chemical Society Reviews*, *Dalton Transactions* e os fóruns de *Inorganic Chemistry*, os quais oferecem uma extensa visão do estado da arte e das tendências atuais na química inorgânica.

Os estudos de cinética, termodinâmica e mecanismos de reações inorgânicas e bioinorgânicas foram considerados por Fred Basolo em 1993 (1) como uma das áreas de fronteira na química inorgânica, e continuam sendo importantíssimos nos tempos atuais. A capacidade única dos íons de metais de transição de controlar processos ambientais, industriais e biológicos torna essencial o entendimento de seu comportamento mecanístico. O rápido desenvolvimento nessa área nos últimos 15-20 anos beneficiou-se de técnicas espectroscópicas sofisticadas e de métodos teóricos que permitem analisar e prever mecanismos de reações. Os avanços se refletem nas conferências que ocorrem regularmente sobre o tema, como os encontros anuais do Inorganic Reaction Mechanisms Discussion Group da Royal Society of Chemistry e a Gordon Conference on

Inorganic Reaction Mechanisms (bianual). Estudos de mecanismos são de grande importância em complexos modelos de sistemas e processos bioinorgânicos e nas reações envolvendo a ativação de oxigênio, nitrogênio e do óxido nítrico (3).

QUÍMICA DOS ELEMENTOS REPRESENTATIVOS Fred Basolo considerou a química dos elementos representativos como uma das áreas de fronteira da química inorgânica em 1993 (1). O periódico *Chemical Reviews* publicou em 2010 um número temático sobre elementos representativos, mostrando sua importância nos dias de hoje. Os elementos dos blocos s e p da tabela periódica são os mais abundantes na crosta terrestre. Sua disponibilidade e diversidade fazem com que tenham as mais diversas aplicações de importância industrial, econômica e ambiental (4).

Assim, complexos organometálicos de cálcio se têm revelado bons catalisadores de uma variedade de reações, com as vantagens de seu menor custo em comparação com os catalisadores de metais de transição e da biocompatibilidade do metal, o que está de acordo com a tendência atual de se usar reagentes menos tóxicos para uma “química verde” (5).

Na ciência dos materiais, o desenvolvimento de polímeros híbridos que associam elementos representativos com grupos orgânicos, como siliconas, polissilanos e polifosfazenos tem sido amplamente explorado. Polímeros contendo germânio, estanho, arsênio e antimônio também têm sido investigados. Polímeros de boro foram menos estudados, mas recentemente demonstrou-se que organoboranos poliméricos apresentam aplicações como materiais ópticos, eletrônicos e como sensores (6). Na química medicinal compostos antimicrobianos de bismuto e antiparasitários de antimônio são usados clinicamente, e compostos de estanho têm aplicações como biocidas. Nitrato de gálio é empregado na clínica, no tratamento de leucemias.

rasitários de antimônio são usados clinicamente, e compostos de estanho têm aplicações como biocidas. Nitrato de gálio é empregado na clínica, no tratamento de leucemias.

QUÍMICA BIOINORGÂNICA A química bioinorgânica é uma área efervescente nos tempos atuais e teve grande avanço em razão do desenvolvimento de técnicas espectroscópicas, da cristalografia de proteínas e de métodos teóricos. Um dos temas de interesse tem sido o estudo de complexos bimetálicos que possam agir como modelos funcionais de metaloproteínas como hemeritina, metano monoxigenase, ribonucleosídeo difosfato redutase, urease, fosfatase púrpura, nitrogenases e várias outras, que apresentam complexos bimetálicos em sua estrutura. O planejamento de ligantes binucleantes é um desafio, já que os complexos resultantes, que não contêm a parte proteica, devem mimetizar pelo menos em parte a função da enzima. A química de coordenação da molécula de N_2 , particularmente com ferro, molibdênio e vanádio, presentes nas estruturas das nitrogenases, tem sido muito estudada para se compreender o processo de fixação de nitrogênio (7).

O planejamento biomolecular é também uma área com intensa atividade de pesquisa em química bioinorgânica. Uma vez que a maio-

A TENDÊNCIA ATUAL É DE SE USAR REAGENTES MENOS TÓXICOS PARA UMA "QUÍMICA VERDE"

ria dos ácidos nucleicos e cerca de metade das proteínas requerem metais para exercer suas funções biológicas, conceitos da química inorgânica são imprescindíveis na compreensão de como os íons metálicos se unem a esses ligantes, influenciando suas conformações e sua atividade catalítica. Há um grande volume de pesquisa recente sobre o desenho de complexos metal-proteína e metal-ácido nucleico, procurando-se elucidar, através desses complexos à base de biomoléculas, os processos metalo-bioquímicos e de catálise bioquímica. As funções estruturais, de armazenamento de metais, de transferência de elétrons, e de transporte de ligantes das metaloproteínas, aliadas às propriedades características de compostos proteicos, tais como alosteria, organização multicêntrica, reconhecimento molecular e ligação ao substrato são levadas em consideração no planejamento de ligantes proteicos (8).

Um dos temas de grande interesse atualmente é o estudo da química do óxido nítrico (NO). Desde a descoberta, nos anos 1980, de que o composto tóxico óxido nítrico tem importantes funções biológicas de sinalização e defesa imune, a pesquisa sobre as transformações fisiológicas de NO e de suas formas oxidadas e reduzidas teve um grande avanço (9). J. A. McCleverty diz que a descoberta de que NO é um dos reguladores fisiológicos mais importantes foi uma das maiores surpresas na química biológica nos últimos tempos, e certamente uma das mais significativas na química de coordenação naquela década (10). A revista *Science* considerou NO a molécula do ano em 1992.

NO tem enorme afinidade pelo ferro do grupo heme e está envolvido nos processos de sinalização cardiovascular e neuronal. Por outro lado o sistema imunológico produz NO, o qual tem efeito deletério na inflamação crônica, no choque séptico e no diabetes. Muitas das funções biológicas do NO são mediadas por hemo proteínas e proteínas de ferro-enxofre e cobre. Os estudos de química de coordenação de NO a metais de transição característicos dessas proteínas e de complexos modelos desses sistemas têm sido uma área de pesquisa com grande atividade. Há, contudo, muita investigação a ser feita sobre a geração, as transformações, o controle e a desintoxicação de NO e seus derivados nos sistemas biológicos (9).

Muitos grupos têm procurado desenvolver complexos metálicos capazes de liberar NO *in vivo*, que pudessem ser candidatos a protótipos de fármacos; todavia a liberação controlada de NO permanece ainda como um desafio.

QUÍMICA MEDICINAL INORGÂNICA A química medicinal inorgânica teve grande impulso com a descoberta, por Barnett Rosenberg e colaboradores, das propriedades antitumorais do *cis* (diaminodiclora) platina(II), “cisplatina” (1965). Esta descoberta constituiu um marco histórico, e levou a um grande interesse por complexos metálicos com propriedades farmacológicas. A cisplatina entrou no mercado nos Estados Unidos em 1978 e, desde então, o câncer de testículo, que matava cerca de 80% dos pacientes, passou a ser curável em 95% dos casos. Outros complexos de

platina como carboplatina e oxaliplatina são hoje utilizados no tratamento de tumores e estima-se que 50 a 70 % dos pacientes com câncer recebam tratamento com complexos de platina. No entanto, a terapia com compostos de platina apresenta problemas como a ocorrência de sérios efeitos colaterais e o aparecimento de resistência. Muitos grupos têm-se dedicado ao estudo de novos complexos de platina ou de paládio – metal do mesmo grupo da platina – que possam ser administrados em combinação ou eventualmente substituir a cisplatina.

O modo de ação da cisplatina envolve a ligação do metal a duas guaninas adjacentes na mesma fita do DNA, mas ainda não está totalmente elucidado. Assim, uma melhor compreensão desse mecanismo permanece como um desafio. Outro desafio seria encontrar complexos com outros metais que pudessem igualmente substituir ou complementar a terapia com compostos de platina. Metais como gálio, cobalto, rutênio e ouro têm sido investigados para essa finalidade, e alguns complexos de rutênio encontram-se hoje em fase clínica avançada.

Uma perspectiva atraente no planejamento de novos fármacos para o tratamento de tumores é o uso de metais radioativos complexados

a ligantes orgânicos com atividade citotóxica/antitumoral de forma a se obter compostos que sejam ao mesmo tempo fármacos e radiofármacos.

O planejamento de metalofármacos para aplicações como agentes antimicrobianos, antiparasitários e em outras doenças tem sido igualmente objeto de ampla investigação. Complexos de rutênio e cobre de ligantes bioativos têm sido investigados para o tratamento da doença de Chagas, e complexos de ouro com ligantes antimaláricos também se revelaram promissores. Finalmente é de interesse mencionar as investigações a respeito de novas apli-

cações para metalofármacos em uso clínico, como os compostos de ouro, hoje empregados no tratamento de artrite reumatóide, e que têm sido estudados por suas propriedades antitumorais.

A química medicinal inorgânica nasceu como uma disciplina após a descoberta, ao acaso, das propriedades antitumorais da cisplatina. Atualmente o planejamento racional substituiu o acaso e procura-se desenhar moléculas a partir da escolha do metal e dos ligantes de forma a dirigir o composto para o local desejado, evitando-se danos a outros tecidos. Desse modo a busca por estratégias eficazes de vetorização de metalofármacos tem sido uma tendência atual.

A coordenação de ligantes bioativos a metais pode resultar em complexos mais potentes e levar a um aumento da biodisponibilidade ou à reversão da resistência celular. Metais são muito reativos, o que os leva a ter propriedades farmacológicas relacionadas a seus diversos estados de oxidação e às reações que sofrem *in vivo*, tais como hidrólise e substituição de ligantes. No entanto, a alta reatividade dos metais está igualmente associada à sua toxidez. Desse modo, o controle da reatividade é crucial e constitui um dos principais desafios para o químico medicinal inorgânico. Aqui é interessante mencionar um comentário de Bernard Desoize em artigo publicado

**A BUSCA POR
ESTRATÉGIAS
EFICAZES DE
VETORIZAÇÃO DE
METALOFÁRMACOS
TEM SIDO UMA
TENDÊNCIA
ATUAL**

em *Critical Reviews in Oncology and Hematology* (2002): “It is surprising to observe that metals are able to do the best and the worst, i.e. metals are able to induce cancer and to treat cancer! Some of them are even able to perform both, as arsenic and vanadium. Is it another occurrence of the yin and yang?” (11).

Estudos de homeostase metálica, ou como as células controlam os níveis de metais, constituem uma área na interface entre a química inorgânica e a biologia celular. Células possuem um rígido controle de acumulação, transporte e distribuição de metais. A química e a biologia estão intimamente ligadas na compreensão de como as células adquirem, distribuem e controlam metais essenciais e não essenciais. Como os metais são transportados para as células, como são distribuídos dentro das células, como ocorre a metalação das proteínas celulares, que processos são mediados por íons metálicos, como ocorre o processo em que o metal certo é inserido em uma dada metaloproteína, e como a biodisponibilidade dos metais é regulada, são questões ainda não completamente respondidas (12). O ferro é o metal de transição mais abundante nos sistemas biológicos e há vários grupos de pesquisa dedicados à investigação dos mecanismos de aquisição e incorporação de ferro. Há um grande interesse na descoberta dos processos pelos quais organismos multicelulares adquirem, controlam e distribuem o ferro, e como a biodisponibilidade do ferro é controlada dentro da célula e entre células de forma a manter níveis ótimos do metal nos tecidos (12).

A dicotomia entre essencialidade e toxidez requer mecanismos muito complexos de controle da incorporação de metais. Atualmente supõe-se que várias doenças, tais como o mal de Parkinson e a doença de Alzheimer, podem estar associadas a um descontrole na homeostase metálica, e muitos grupos de pesquisa se têm dedicado ao planejamento de ligantes quelantes, que poderiam complexar metais no cérebro, com consequente desintoxicação. No entanto, seria necessário conseguir a vetorização do ligante para o cérebro, para evitar danos a outras partes do organismo. Aqui novamente é interessante citar o artigo de Desoize, em que o autor faz a pergunta: “are good health and long life the results of a successful balance between too little (metal) and too much (metal)?” (11)

CIÊNCIAS DOS MATERIAIS A química inorgânica tem dado grandes contribuições às ciências dos materiais. Materiais inorgânicos funcionais são encontrados em baterias, células de combustível, memórias de computadores, sensores e dispositivos termoeletrônicos. Novos materiais inorgânicos funcionais para aplicações tecnológicas diversas, como telefones celulares, dispositivos digitais de vídeo e computadores têm sido objeto de intensa investigação. Uma das questões a serem resolvidas nessa área seria a substituição de SiO_2 em transistores por outros materiais de alta constante dielétrica, para melhoria na miniaturização microeletrônica (13).

Materiais microporosos, zeólitas e “metal organic frameworks” (MOFs) têm sido usados em catálise heterogênea e para armazenamento de gases. O emprego de MOFs para a liberação controlada de fármacos seria também uma perspectiva. Compostos moleculares podem igualmente constituir materiais inorgânicos funcionais. A funcionalidade do material depende de propriedades tais como o

estado de oxidação, o tamanho do íon, ordem ou desordem cristalográfica, número de coordenação e simetria. A compreensão das relações entre essas características e a funcionalidade é um difícil desafio que precisa ser vencido para que se possa fazer planejamento racional de novos materiais inorgânicos (13).

Fontes e suprimentos de energia são certamente grandes questões atuais e das próximas gerações. A conversão de energia solar em outras formas de energia permanece como um problema central na ciência. A conversão de energia solar em eletricidade já é possível por meio de células solares de silício, mas é preciso desenvolver células baseadas em outros materiais. A questão da acumulação de energia solar em um combustível para ser utilizada quando necessário poderá encontrar soluções por meio de processos bio-inspirados na fotossíntese (14). A fotossíntese usa a luz solar para converter CO_2 e H_2O em oxigênio e carboidrato. Até hoje não se compreendem completamente todas as etapas do processo, particularmente a oxidação da água para produzir oxigênio. A quebra da molécula de água em hidrogênio e oxigênio induzida pela luz, seguida pela passagem de O_2 e H_2 por uma célula de combustível para regenerar a água e gerar energia constituem as bases da produção de energia a partir de energia solar. O desenvolvimento de um sistema fotossintético artificial bio-inspirado, que use o espectro solar para produzir energia limpa é um grande desafio. Algumas estratégias para o processo de fotossíntese artificial e quebra da água compreendem a criação de novas moléculas e novos materiais orgânicos-inorgânicos, sistemas supramoleculares, semicondutores ou híbridos e catalisadores que satisfaçam os requisitos da fotossíntese (15). O hidrogênio molecular tem sido o combustível mais considerado, mas combustíveis à base de carbono produzido por energia solar e que usam CO_2 como material de partida também encontram-se sob investigação (15).

Estudos de magnetismo molecular constituem um campo em expansão na química inorgânica e em particular na química de coordenação. Nos últimos 20 anos novas estratégias surgiram, como o uso de “*building blocks*” para a síntese de novos materiais magnéticos e o preparo de nanoestruturas magnéticas. A pesquisa na área envolve materiais magnéticos multifuncionais e nanomagnetos moleculares. Na primeira classe procuram-se propriedades tais como ordenamento magnético aliado a condutividade, supercondutividade e ferroeletricidade. Um grande desafio seria o planejamento de um material que mostrasse supercondutividade e ferromagnetismo coexistentes. Os nanomagnetos moleculares têm grande importância e constituem objetivos nessa área a obtenção de nanopartículas e nanoobjetos magnéticos, e as possibilidades de aplicações de nanomagnetos moleculares em spintrônica, computação quântica e medicina (16). Citando Euan K. Brechin em sua introdução ao número temático de *Dalton Transactions* dedicado aos magnetos moleculares: “The study of magnetic cluster complexes, from the fundamental chemistry and physics that governs their properties to their potential applicability in a range of technologies, is a topic that transcends traditional scientific boundaries, with current research producing ground-breaking science” (17). Nas ciências dos materiais é preciso mencionar ainda as descobertas recentes das propriedades únicas das nanopartículas de ouro, que provocaram uma grande mudança na visão que os químicos tinham

desse metal. De fato, ouro, apesar de seu valor econômico e do fascínio que exerce, não era muito atraente do ponto de vista da química, em razão de sua baixa reatividade. No entanto, a observação de que o metal, quando subdividido em escala de nano partículas, pode ser muito ativo em catálise, revolucionou a química de materiais e de superfície e a química sintética. Ouro é hoje o segundo elemento, depois do silício, a ser usado em nanotecnologia. Aplicações de nanopartículas de ouro como carreadores de fármacos têm sido muito estudadas, mas ainda resta compreender como é feita a incorporação das nanopartículas e sua distribuição dentro das células. A outra questão diz respeito aos efeitos tóxicos e segurança dessa estratégia (18).

CONSIDERAÇÕES FINAIS Os temas aqui abordados constituem algumas áreas com intensa atividade de pesquisa na química inorgânica. É preciso mencionar a importância dos avanços na instrumentação de laboratório, nas técnicas de análise e métodos espectroscópicos que ocorrem a uma velocidade crescente. Do mesmo modo, métodos teóricos a cada dia mais sofisticados permitem um aumento no poder de previsibilidade dos sistemas inorgânicos ou orgânicos-inorgânicos. Um número temático recente da revista *Dalton Transactions* trata da questão da sinergia entre a teoria e a experimentação em química inorgânica. No artigo introdutório o autor observa que cada vez mais os artigos científicos tratam de experiência e teoria no mesmo trabalho (19). Igualmente importante é a procura por novas rotas sintéticas envolvendo desde a síntese de compostos modelos de metaloproteínas até a síntese no estado sólido de novos materiais inorgânicos. Foram abordadas neste texto algumas tendências e perguntas a serem respondidas na área da química inorgânica. Certamente há vários outros tópicos que mereceriam constar desta análise, uma vez que o domínio da química inorgânica é tão vasto que, para selecionar tópicos de interesse, deparamo-nos com o próprio conceito do que seria química inorgânica. Uma definição foi sugerida por James Huheey em seu livro texto *Inorganic chemistry: principles of structure and reactivity*: “Inorganic chemistry is any phase of chemistry of interest to an inorganic chemist” (20)

Heloisa Beraldo é professora titular do Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais, pesquisadora 1B do CNPq, e atua na área de química medicinal inorgânica. Tem cerca de 90 trabalhos publicados em revistas nacionais e internacionais e orientou vários alunos de pós-graduação e iniciação científica. Entre seus interesses encontram-se estudos de metalofármacos antitumorais, antimicrobianos e antiparasitários. Email: hberaldo@ufmg.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Basolo, F. *Coord. Chem. Rev.*, Vol.125, no.13. 1993.
- Gladysz, J.A.; Michl, J. *Chem. Rev.*, Vol.93, no.845. 1993.
- Eldik, R. V. *Chem. Rev.*, Vol.105, no.1917. 2005.
- Bertrand, G. *Chem. Rev.*, Vol.110, no.3851. 2010.
- Harder, S. *Chem. Rev.*, Vol.110, no.3852. 2010.
- Jakle, F. *Chem. Rev.*, Vol.110, no.3985. 2010.
- Gavrilova, A. L.; Bosnich, B. *Chem. Rev.*, Vol.104, no.349. 2004.
- Gibney, B. R.; Franklin, S. J. *Inorg. Chem.*, Vol.45, no.9927. 2006.
- Lehnert, N.; Scheidt W. R. *Inorg. Chem.*, Vol.49, no.6223. 2010.
- McCleverty, J. A. *Chem. Rev.*, Vol.104, no.403. 2004.
- Desoize, B. *Crit. Rev. Oncol. Hematol.*, Vol.42, no.1. 2002.
- Palmer, A. E.; Franz, K. J. *Chem. Rev.*, Vol.109, no.4533. 2009.
- Halasyamani, P. S.; Poeppelmeier, K. R. *Inorg. Chem.*, Vol.47, no.8427. 2008.
- Sundström, V. *Dalton Trans.* no.45, p.9951. 2009.
- Eisenberg, R.; Nocera, D. G. *Inorg. Chem.*, Vol.44, no.6799. 2005.
- Coronado, E.; Dunbar, K. R. *Inorg. Chem.*, Vol.48, no.3293. 2009.
- Brechin, E. K. *Dalton Trans.* Vol.39, no.4671. 2010.
- Hutchings, G. J.; Brust, M.; Schmidbaur, H. *Chem. Soc. Rev.*, Vol.37, no.1759. 2008.
- McGrady, J. *Dalton Trans.* no.30, p.5819. 2009.
- Huheey, J.E. *Inorganic chemistry: principles of structure and reactivity*. 3rd Edition HarperCollins Publishers, Inc.1983.

A EVOLUÇÃO DA QUÍMICA ORGÂNICA SINTÉTICA. QUO VADIS?

Carlos Roque Duarte Correia
Caio C. Oliveira

A síntese orgânica é uma ciência em constante evolução. Até a década de 1950, as atividades do químico orgânico sintético eram basicamente: 1. elucidação estrutural de produtos naturais; 2. investigação de reações básicas; e 3. preparação de novas substâncias químicas. Após esse período, além da manutenção das atividades acima – que foram aperfeiçoadas e simplificadas com o surgimento de técnicas modernas como a ressonância magnética nuclear e a espectrometria de massas –, a sua forte associação atual com a biologia, a medicina e as ciências ambientais e de materiais conferiu à síntese orgânica um caráter ainda mais dinâmico e interdisciplinar. (1)

Além disso, o desenvolvimento de novas reações orgânicas, ainda mais robustas e estereosseletivas (3), tornou a síntese de moléculas cada vez mais complexas uma realidade. Historicamente, a química orgânica e a síntese orgânica (atividades científicas siamesas), tiveram sua origem na preparação em laboratório de uma substância natural contendo apenas um átomo de carbono, a ureia (1a), sintetizada por Wöhler em 1828 (4). A evolução para as sínteses atuais envolvendo moléculas com acentuada complexidade estrutural, tal como o taxol (1f) – sintetizado por Holton e Nicolaou em 1994 (5) –, é decorrente do desenvolvimento de novas técnicas de laboratório, novas metodologias de síntese, mais seletivas e robustas e, também, em grande medida, pelo amadurecimento da “filosofia” adotada para a execução de um empreendimento sintético, como por exemplo, o planejamento estratégico a ser seguido.

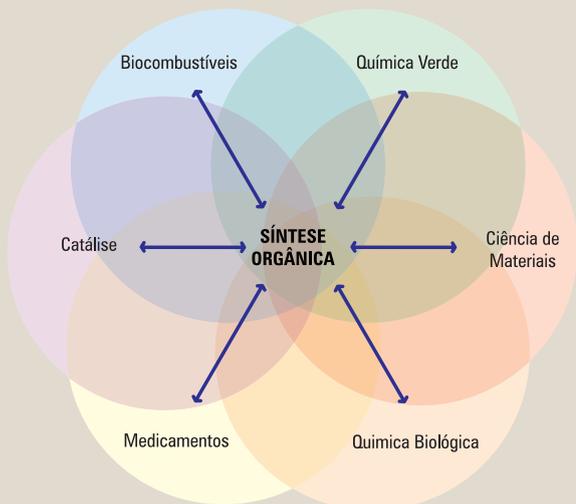


Figura 1. A interdisciplinaridade da síntese orgânica atual (2)

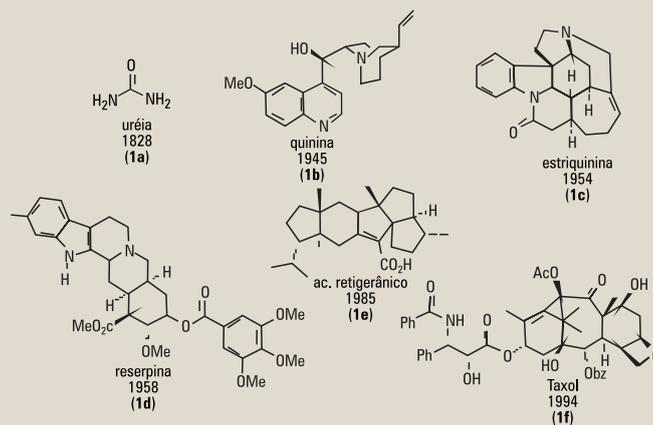


Figura 2. Evolução da síntese total: da ureia (1a) ao taxol (1f)



Gráfico 1. Viabilidade das sínteses orgânicas

Com o fortalecimento do conceito de química verde a partir de 1990, a pressão da sociedade pelo desenvolvimento de processos sustentáveis promoveu uma mudança no paradigma da síntese orgânica. Em 1992, Carlson propôs o conceito de reação ideal, envolvendo o uso de água como solvente, materiais de partida de fácil acesso, baratos, não-tóxicos e a obtenção do produto de maneira fácil, em rendimento quantitativo (6). Complementarmente, Wender afirma que o número de etapas é outro fator de grande influência na viabilidade de uma síntese, pois determina tempo, custo, quantidade de resíduos e escala do processo (Gráfico 1) (7). Mas como fazer isto? Para se realizar a síntese de uma substância (ou molécula) com elevada complexidade estrutural, é necessário utilizar metodologias que promovam as transformações desejadas de maneira controlada (estéreo e quimiosseletiva) (8) e, se possível, com a formação sequencial de mais de uma ligação química. Assim, a geração de resíduos é reduzida em função de um número menor de etapas. Nesse cenário, as reações catalíticas surgem como uma ferramenta importante nessa nova era da síntese orgânica. As recentes premiações do Prêmio Nobel de Química, diretamente relacionadas ao desenvolvimento de métodos catalíticos em química orgânica, são um claro reflexo da importância desse tipo de reações: 1. William S. Knowles, R. Noyori e K. Barry Sharpless, em 2001, pelas reações catalíticas enantiossele-

tivas; 2. Yves Chauvin, Robert Grubbs e Richard Schrock, em 2005, pelas reações de metátese de olefinas; e 3. Richard F. Heck, Ei-ichi Negishi e Akira Suzuki, pelas reações de *cross-coupling* catalisadas por paládio, em 2010 (9).

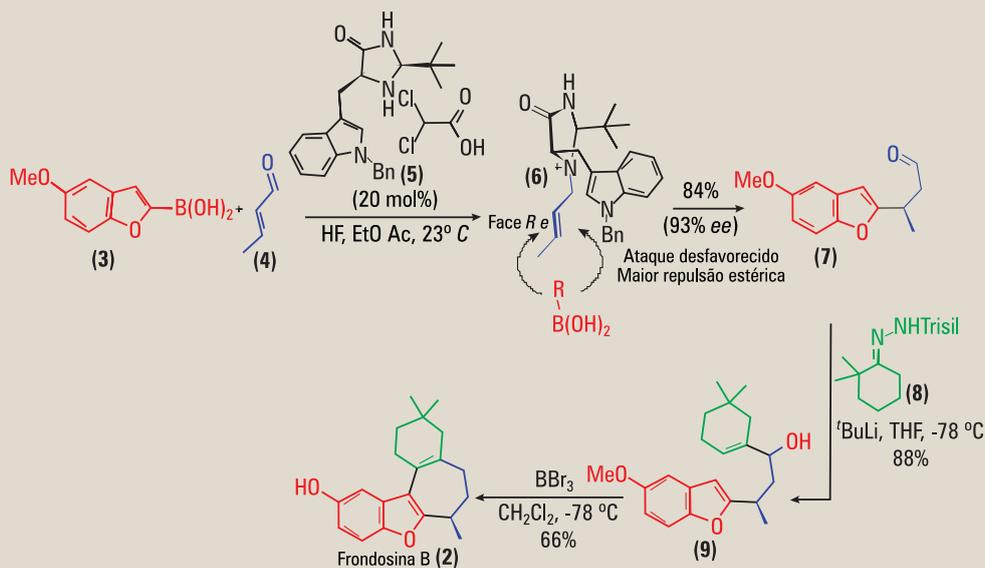
NOVAS FERRAMENTAS SINTÉTICAS O ressurgimento da organocatálise (reações catalíticas promovidas por uma molécula orgânica), no final da década de 1990, mostrou-se uma alternativa valiosa no desenvolvimento de novas ferramentas sintéticas (10). Esse método de catálise foi inspirado na atuação das enzimas, visando favorecer a formação de moléculas de forma enantiosseletiva (que favorece a formação de um dos enantiômeros). A receptividade da comunidade sintética com a organocatálise pode ser avaliada pelo grande número de publicações sobre o tema entre os anos de 2000 e 2010. A síntese total do sesquiterpeno de origem marinha frondosina B 2, relatada por MacMillan em 2010, ilustra bem a importância da descoberta de novas reações e como a aplicação deste conhecimento promove um acesso rápido a moléculas de interesse medicinal (11). Esse terpeno apresenta alto potencial anti-inflamatório e antineoplásico *in vitro*. Por esse motivo, desde o seu isolamento em 1997 da esponja marinha *Dysidea frondosa* (12), três outras sínteses totais já foram relatadas, sendo que a mais eficiente delas foi relatada por Ovaska, em 2009, envolvendo uma rota com 10 etapas e 13% de rendimento global (13). A abordagem de MacMillan partiu da adição enantiosseletiva (14) do ácido borônico 3 ao crotonaldeído 4 catalisada pela imidazolidinona 5 em 84% de rendimento e elevado excesso de um dos enantiômeros (razão de 97:03). O produto natural foi obtido após mais duas etapas: reação do aldeído 7 com a arilsulfonil-hidrazona 8 (reação de Shapiro); e um processo de desmetilação, ciclização intramolecular (reação de Friedel-Crafts) e isomerização de uma ligação dupla, em uma única etapa, no mesmo frasco reacional (*one-pot*). (Esquema 1).

Dentre as ferramentas utilizadas pelos químicos orgânicos sintéticos para obter um rápido aumento na complexidade de produtos dese-

jados, destacam-se as reações sequenciais do tipo dominó, caracterizadas pela formação de duas ou mais ligações C-C, C-O ou C-N na molécula alvo, sem que haja isolamento de intermediários ou adição de outro reagente. A transformação subsequente decorre da funcionalização ocorrida anteriormente (15). Dessa forma, reduzem-se as etapas de isolamento e purificação e o número de passos reacionais, além de se promover uma sensível diminuição na geração de resíduos e no custo total do processo. Para se entender como a economia de etapas é importante numa rota de síntese, considere-se um material de partida (MP) e um produto (P) com massa molar igual a 500 g/mol. Supondo a transformação de 1 mol do MP no respectivo P, em 5 etapas, com rendimento médio de 90%, a massa de P, ao final da síntese, será de 295 g (59% de rendimento global). Contudo, se o número de etapas aumentar para 15, mantendo-se um rendimento médio de 90%, serão obtidos somente 103 g do produto P (21% de rendimento global) (1). Mesmo considerando-se rendimentos excepcionais de 90% em todas as etapas, a perda de massa é um problema inerente a uma rota linear muito longa. Sobre esta questão, Tietze comentou em 2004 que rotas sintéticas com mais de 20 etapas devem ser evitadas, por não serem econômicas – e ecologicamente justificáveis (16).

A síntese do tetraidroantraceno 12 em um único passo reacional, via um processo dominó envolvendo o uso de paládio catalítico, foi relatada por Tietze em 2001 (Esquema 2) (17). A transformação envolveu duas reações intramoleculares possuindo nomes próprios: uma reação de Tsuji-Trost seguida de uma reação de Heck. A formação das duas ligações C-C chaves, empregando-se o mesmo sistema catalítico, ilustra não apenas a engenhosidade do método como também a versatilidade da catálise por paládio, promovendo reações consecutivas, via mecanismos distintos, de forma eficiente (89% de rendimento). Esta mesma estratégia sintética foi aplicada posteriormente na síntese de análogos do antibiótico tetraciclina 13 (18).

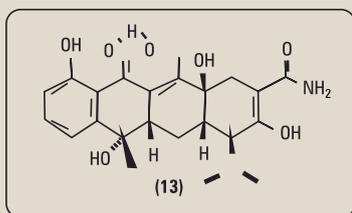
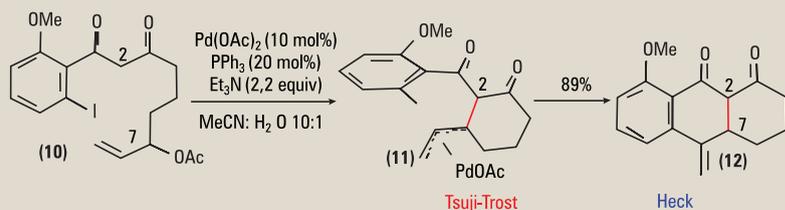
O desenvolvimento da síntese orgânica nos últimos 60 anos foi notável, e isso se deve, em grande parte, ao surgimento de métodos ana-



Notas da Síntese

- Rendimento global de 50 %;
- Três etapas;
- Alta estereosseletividade;
- Reagentes comerciais;
- Produto natural com promissora atividade farmacológica.

Esquema 1. Síntese total da frondosina B 2

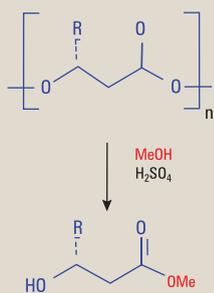


Notas da Síntese

- Utilização de processo dominó;
- Robustez do sistema catalítico;
- Produto funcionalizado com potencial aplicação sintética.

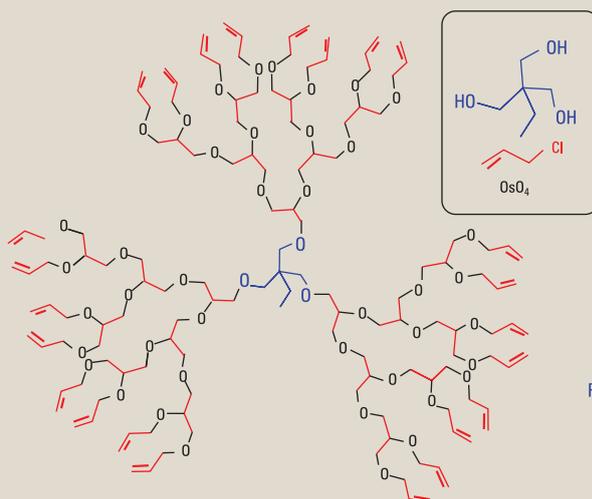
Esquema 2. Síntese do tetraidroantraceno 12 via reação dominó catalisada por paládio

Biocombustíveis



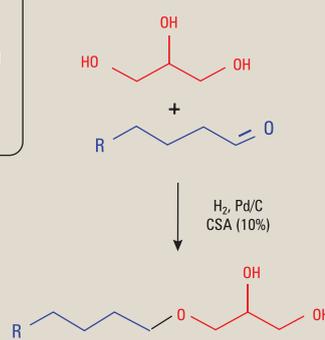
Utilização de ésteres metílicos de poli-hidroxicanoatos obtidos de bactérias como biocombustíveis (24).

Novos Materiais



Dendrímico utilizado no desenvolvimento de novas substâncias ionofóricas (25).

Gliceroquímica



Síntese de éteres alquílicos do glicerol com potencial aplicação em formulações farmacêuticas (26).

Esquema 3. A interface da síntese orgânica em diversas áreas da química

líticos mais precisos (RMN e ^1H e ^{13}C , espectrometria de massas, novos métodos de separação cromatográfica etc), ao planejamento estratégico racional das rotas e, não menos importante, ao poder das novas metodologias sintéticas. Dessa maneira, feitos notáveis foram realizados, como a síntese de moléculas de grande complexidade estrutural com o taxol (1f), palitoxina (19) e a brevetoxina (20). Valendo-se da lógica, criatividade, perseverança e tecnologias disponíveis, a síntese de um número incontável de produtos naturais, ou mesmo não naturais, estão hoje ao alcance no laboratório. A síntese de moléculas complexas representa um terreno fértil para testes do potencial de uma nova metodologia sintética (viabilidade, versatilidade, robustez e impacto ambiental), assim como proporciona um desafio intelectual de alto nível e um excepcional treinamento para estudantes de pós-graduação.

A síntese orgânica tem se adaptado às novas exigências da sociedade e da comunidade científica. Por exemplo, atuam hoje de forma con-

junta as sínteses alvo-orientadas (síntese de uma molécula específica, comumente um produto natural bioativo) e as abordagens de síntese função-orientada (síntese de moléculas, ou um conjunto delas, de maneira a alcançar uma atividade específica). Esse último método é largamente utilizado no descobrimento de novos fármacos, daí a tendência atual e futura de uma interação cada vez maior entre a síntese orgânica, a química medicinal, a farmacologia, a biologia e a bioquímica, exigindo uma boa formação dos futuros químicos nessas áreas da ciência. Além disso, a química orgânica é e continuará sendo uma ferramenta fundamental no desenvolvimento de biocombustíveis (21), novos materiais (ex. dendrímeros) (22) e na agregação de valor a materiais derivados da biomassa (ex. gliceroquímica) (Esquema 3) (23).

O trabalho em síntese orgânica, essencialmente experimental, é árduo e exigente no que diz respeito a empenho, habilidades em laboratório e perseverança, qualidades essas essenciais para se

alcançar bons resultados. É esta busca interminável por conhecimento e novas fronteiras que a torna uma ciência fascinante e capaz de grandes realizações para aqueles que se dedicarem a ela com empenho e criatividade.

Carlos Roque Duarte Correia é professor titular do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Atua na área de síntese orgânica, tendo como foco a síntese de compostos bioativos via reações de acoplamentos cruzados mediados por paládio, empregando principalmente sais de arenodiazônio.

Caio C. Oliveira é doutorando do Instituto de Química da Unicamp.

NOTAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. T. Hudlický, J. Reed, *The way of synthesis*, (Wiley-VCH, Weinheim, 2007), pp. 3-128.
2. Os autores agradecem a colaboração do prof. Paulo C. M. L. Miranda (Instituto de Química/ Unicamp) na confecção dessa figura.
3. Reação estereosseletiva: reação na qual um dos possíveis estereoisômeros é formado mais rapidamente do que o(s) outro(s), assim, este é produzido em maior proporção no meio reacional.
4. Friedrich Wöhler. Ueber künstliche bildung des harnstoffs. *Ann. der Physik, Ann*, 88, 253-256 (1828).
5. Holton, Robert A.; Somoza, Carmen; Kim, Hyeong Baik; et al. "First total synthesis of taxol. 1. Functionalization of the B Ring." *J. Am. Chem. Soc.* 116, 1597-1598 (1994). Nicolaou, K.C. Z.; Yang, J.J. et al. "Total synthesis of taxol". *Nature*, 367, 630-634 (1994).
6. Carlson, Rolf; Carlson, Johan. *Design and optimization in organic synthesis*. Elsevier, Amsterdam, 2005, vol. 24, cap.1.
7. Wender, Paul A.; Verma, Vishal A.; Paxton, Thomas J.; Pillow, Thomas H.. "Function-oriented synthesis, step economy, and drug design". *Acc. Chem. Res.* 41, 40-49 (2008).
8. Reação quimiosseletiva: reação na qual a transformação ocorre seletivamente em um grupo funcional em detrimento dos outros presentes na molécula em estudo.
9. Nobel Prize website. <http://www.nobelprize.org>, acessado em abril de 2010.
10. Berkessel, A.; Gröger, H.. *Asymmetric organocatalysis: from biometric concepts to applications in asymmetric synthesis*. Wiley-VCH, Weinheim, 2005, pp. 1-8.
11. MacMillan, David W. C.; Reiter, Maud; Torssell, Staffan; Lee, Sandra. "The organocatalytic three-step total synthesis of (+)-frondosin B". *Chem. Sci.* 1, 37-42 (2010).
12. Patil, Ashok D.; Freyer, Alan J. et al. "Five new sesquiterpene hydroquinone derivatives with novel skeletons from the sponge *Dysidea frondosa*: inhibitors of interleukin-8 receptors". *Tetrahedron*, 53, 5047-5060 (1997).
13. Ovaska, Timo V.; Sullivan, Jonathan A.; et al. "Asymmetric synthesis of seven-membered carbocyclic rings via a sequential oxyanionic 5-exo-dig cyclization/claisen rearrangement process. total synthesis of (+)-frondosin B". *Org. Lett.* 11, 2715-2718 (2009).
14. Reação enantiosseletiva: reação na qual um enantiômero é formado mais rapidamente do que o outro; assim, este é formado em maior proporção no meio reacional.
15. Tietze, L. F.; Brasche, G.; Gericke K. M.. *Domino reactions in organic synthesis*, Wiley-VCH, Weinheim, 2006, pp. 1-10.
16. Tietze, Lutz F.; Rackelmann, Nils. "Domino reactions in the synthesis of heterocyclic natural products and analogs". *Pure Appl. Chem.* 76, 1967-1983 (2004).
17. Tietze, Lutz F.; Nordmann, Gero. "A novel palladium-catalyzed domino-tsuji-trost-process for the synthesis of tetrahydroanthracenes". *Eur. J. Org. Chem.* pp. 3247-3253. 2001.
18. Tietze, Lutz F.; Redert, Thomas; et al. "Efficient synthesis of the structural core of tetracyclines by a palladium-catalyzed domino tsuji-trost-heck-mizoroki reaction". *Chem. Eur. J.* 14, 2527-2535 (2008).
19. Kishi, Yoshito; Armstrong, Robert W. et al. "Total synthesis of a fully protected palytoxin carboxylic acid". *J. Am. Chem. Soc.* 111, 7525-7530 (1989).
20. Nicolaou, K. C.; Theodorakis, E. A.; et al. "Total synthesis of brevetoxin b. 2. completion". *J. Am. Chem. Soc.* 117, 1173-1174 (1995).
21. Noordermee, Minke A.; Petrus, Leo. "Biomass to biofuels, a chemical perspective". *Green Chem.* 8, 861-867 (2006).
22. Estroff, Lara A.; Hamilton, Andrew D.. "At the interface of organic and inorganic chemistry: bioinspired synthesis of composite materials". *Chem. Mater.* 13, 3227-3235 (2001).
23. Corma, Avelino; Iborra, Sara; Velty, Alexandra. "Chemical routes for the transformation of biomass into chemicals". *Chem. Rev.* 107, 2411-2502 (2007).
24. Zhang, Xiaojun; Luo, Rongcong; et al. "Application of (R)-3-hydroxyalkanoate methyl esters derived from microbial polyhydroxyalkanoates as novel biofuels". *Biomacromolecules*, 10, 707-711 (2009).
25. Zimmerman, Steven C.; Quinn, Jordan R.; et al. "Cross-linked glycerol dendrimers and hyperbranched polymers as ionophoric, organic nanoparticles soluble in water and organic solvents". *Angew. Chem. Int. Ed.* 46, 8164- 8167 (2007).
26. Shi, Yan; Dayoub, Wissam; et al. "Straightforward selective synthesis of linear 1-o-alkyl glycerol and di-glycerol monoethers". *Tetrahedron Lett.* 50, 6891-6893 (2009). cenes". *Eur. J. Org. Chem.* 3247-3253 (2001).

OS AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA QUÍMICA ANALÍTICA: SUCESSOS E DESAFIOS

Quezia B. Cass e Juliana Cristina Barreiro

Quando pensamos em estratégias usadas no desenvolvimento de fármacos, notamos de imediato os avanços tecnológicos alcançados em todas as áreas da análise farmacêutica e biomédica. O desenvolvimento de uma nova entidade molecular bioativa envolve processos complexos e interdisciplinares, que demandam a participação de pesquisadores das mais diversas áreas em atuação conjunta: desde o químico de produtos naturais ao químico orgânico sintético, passando por farmacologistas, químicos medicinais, farmacêuticos, toxicologistas etc. Todos são essenciais nesse processo e todos trabalham em parceria com o químico analítico (1).

AS NOVAS PLATAFORMAS ANALÍTICAS O uso de pequenas moléculas tem sido fundamental para o entendimento dos processos biológicos. Os produtos naturais são coleções combinatórias com alta diversidade estrutural e têm sido usados com sucesso para pesquisa em biologia química. Na prospecção por moléculas bioativas, os avanços tecnológicos que proporcionaram a hifenação das técnicas de separação às técnicas de espectrometria de massa (MS) e ressonância nuclear magnética (NMR), permitem a identificação estrutural completa (ou parcial), *on-line*, de misturas complexas. Com isso, evita-se, portanto, a perda de tempo com isolamentos de compostos de baixo interesse estrutural e/ou de atividade biológica, além de se permitir a caracterização de compostos lábeis e/ou voláteis de difícil isolamento (2-4).

No acoplamento LC-MS/MS, as interfaces de ionização a pressão atmosférica (API) – electrospray (ESI), ionização química a pressão atmosférica (APCI) e a fotoionização a pressão atmosférica (APPI) – permitem que sejam analisados compostos de todas as faixas de polaridade e massa molecular, além de tornar possível a seleção do modo de ionização. São, por isso, as mais empregadas no acoplamento com a LC para a análise quantitativa de compostos aquirais/quirais em matrizes complexas (5). O analisador do MS é, também, algo que deve ser cuidadosamente selecionado, pois elevada sensibilidade e seletividade são comumente alcançadas em múltiplos estágios (MS/MS) no tempo (a partir do uso de analisadores do tipo *ion trap*) e no espaço (com o uso de analisadores do tipo tripló quadrupolo (QqQ)) (6). O risco de falso positivo é significativamente reduzido com o uso de analisadores por tempo de voo (TOF), devido à elevada resolução e exatidão de massa alcançada sem que haja perda de sensibilidade. Analisadores híbridos, tais como quadrupolo-TOF (QTOF), têm sido utilizados atualmente para análises confirmatórias e elucidação estrutural de compostos em matrizes complexas (7; 8). Os avanços conseguidos por LC-API-MS permitiram o uso generalizado da técnica tanto para quantificação quanto para elucidação estrutural. Inicialmente, acreditava-se que o preparo de amostras poderia ser reduzido ao mínimo necessário. Entretanto, apesar da elevada sensibilidade e seletividade alcançadas, as análises feitas usando ESI e APCI são suscetíveis a efeitos de matriz; causados pela coeluição de componentes presentes na amostra, os quais afetam a ionização por supressão ou ganho na resposta do sinal. Alteram-se, portanto, a reprodutibilidade, a linearidade e a exatidão do método (9-11). A interface APPI é apontada como menos suscetível a efeito matriz que as interfaces ESI e APCI quando submetidas às mesmas condições de análises. O uso de nanoLC hifenado com espectrômetro de massas com ionização direta de elétrons (EI) é considerado uma alternativa à API para resolver efeito matriz (12).

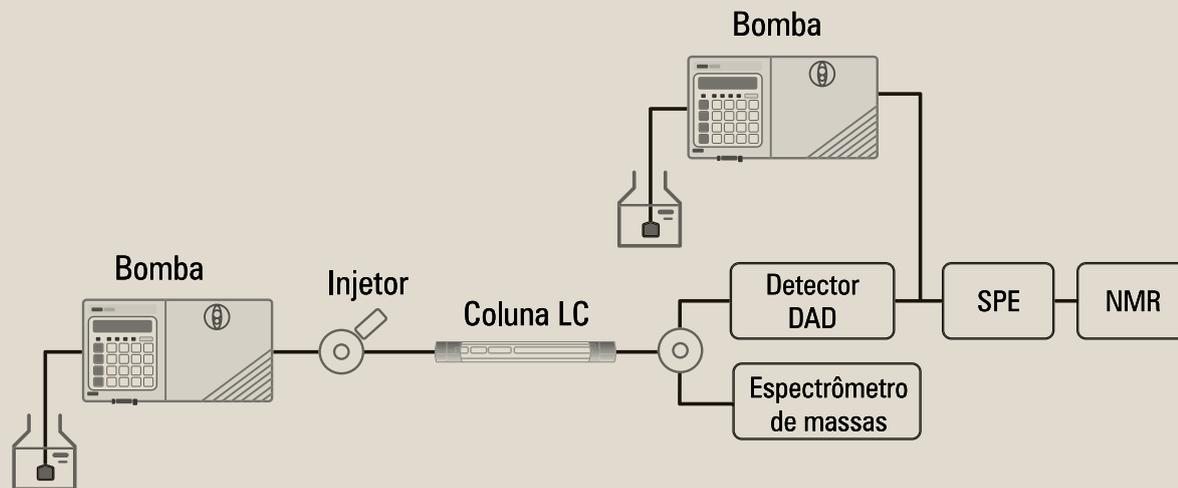


Figura 1. Esquema utilizado para a plataforma analítica usando Detector de Arranjo de Diodo

NMR é indispensável em elucidação estrutural completa. Tem grande aplicação em determinação/caracterização de impurezas, metabolitos, extratos de produtos naturais, produtos de síntese etc. Como detector em LC, o fato de não ser destrutivo compensa sua baixa sensibilidade. Espectros de alta resolução são conseguidos pelo uso de extração em fase sólida (SPE) como interface ao NMR, o que permite o uso de solventes não deuterados para a separação cromatográfica. O uso de pequenos volumes de solvente deuterados (30–120 μ l) é feito somente para transferência dos analitos para o *probe*, o que torna o processo de supressão de solvente para o espectro de NMR usualmente desnecessário (13).

LC-MS-SPE-NMR é a plataforma analítica ideal para quantificação e identificação estrutural molecular de misturas complexas (14; 15). Embora ainda seja relativamente pouco utilizada, os desenvolvimentos recentes, tanto em MS quanto em NMR, indicam um crescimento na sua utilização (13; 14; 16). A Figura 1 mostra o esquema utilizado para essa plataforma usando o Detector de Arranjo de Diodo (DAD) para monitorar o efluente da coluna.

A capacidade de aliar as técnicas de separação/identificação estrutural a métodos de bioensaios permite a identificação de compostos já conhecidos e de novas moléculas de interesse em coleções combinatórias naturais e/ou sintéticas e tem sido explorada no âmbito de desenvolvimento de novos ensaios em massa (17). Métodos multivariados de tratamento de dados têm sido necessários e utilizados cada vez mais em processos analíticos complexos (18-20). A quimiometria tem sido utilizada em desenvolvimento de métodos, tratamento estatístico dos resultados analíticos encontrados e, especialmente, em modelos de padrão de reconhecimento (21).

QUÍMICA ANALÍTICA MEDICINAL Os avanços na área de química analítica medicinal (1) têm sido notórios e as novas plataformas tecnológicas de análise têm criado não só soluções, mas novos paradigmas e demandado maior desenvolvimento analítico.

Os ensaios em massa, por exemplo, exigem soluções criativas (22) para caracterização dos compostos em mistura que se liguem ao alvo selecionado. As demandas por automação, alta frequência analítica, baixos limites de quantificação, necessidade de menor manuseio de amostra e redução de resíduos químicos e biológicos nas análises têm, todas elas, exigido avanços nos processos de preparo de amostras. Merecem destaque aqueles que envolvem injeção direta de matrizes nativas (23; 24).

Os avanços em LC (nano, capilar, rápida e de ultraeficiência), associados à detecção por espectrometria de massa, têm fornecido plataformas tecnológicas eficientes, com a frequência analítica requerida para uma variedade de aplicações em bioanálise e em identificação estrutural de metabolitos (5; 25).

A utilidade de se usar processos metabolômicos (*i*) para se entender doenças deu aos pesquisadores da área um imenso desafio no que concerne ao desenvolvimento de ferramentas analíticas apropriadas para o manuseio, frequência analítica e tratamento de dados.

A cromatografia líquida em duas dimensões 2DLC, do tipo abrangente (*ii*) (LCXLC), tem sido aplicada, majoritariamente, em estudos de proteomas (*iii*) e metabolomas, com o intuito de se obter o

Separação de Enantiômeros

Estudos Farmacológicos
Controle de Qualidade
Síntese Assimétrica
Isolamentos
Estudos de Processos de Biotransformação

Esquema 1. Esquema usado da Plataforma LC-DAD-MS-SPE-NMR Aplicações de separação de enantiômeros

maior número de picos em menor tempo de análise, algo que não é possível, para os números hoje demandados, em uma dimensão. Além da maior capacidade de pico em menor tempo de análise, tem-se também maior eficiência analítica (resolução). É, portanto, uma ferramenta analítica poderosa em bioanálise. No entanto, a maioria dos equipamentos utilizados em LCXLC é ainda do tipo *home-made* e o tratamento dos dados obtidos ainda é um problema a ser solucionado com o uso de softwares apropriados (26; 27). Isso tem limitado as aplicações em análises farmacêuticas, biomédicas e biotecnológicas, embora análises por 2DLC de produtos de degradação tenham sido reportadas (28). Muitas vezes, o ganho em sensibilidade obtido em MS após uma separação 2D é o resultado da pureza da banda cromatográfica, que evita, assim, a supressão da ionização (15). De tal sorte, espera-se que os equipamentos e softwares comerciais atendam à demanda da técnica.

A IMPORTÂNCIA DA ESTEREOSELETIVIDADE Embora há muito se atribuisse grande importância à estereoquímica para sistemas bioquímicos e químicos em condições não isotrópicas (29), a síntese de compostos enantiomericamente puros só foi seriamente considerada quando se tornou viável a sua produção em larga escala. Os progressos em sínteses assimétricas, combinando abordagens biotecnológicas com novos desenvolvimentos em catálise assimétrica e novos métodos de resolução, facilitam a produção de tais compostos (30-32).

As aplicações de métodos para separação de enantiômeros estão esboçadas no Esquema 1

O desenvolvimento de métodos analíticos para resolução de enantiômeros criou um novo conceito no desenvolvimento de fármacos. Diante disso, os órgãos regulatórios passaram a exigir: as justificativas para a forma estereoquímica escolhida, a descrição da síntese assimétrica com método analítico para determinação da razão/pureza enantiomérica e a configuração absoluta do ativo. Também são exigidos métodos para estudos farmacocinéticos dos enantiômeros em separado (33; 34).

As dificuldades inerentes à separação de enantiômeros explicam o desenvolvimento tardio nos métodos cromatográficos de separação. Assim, não é de todo descabido o famoso chiste de que a separação de enantiômeros continua a ser uma arte, como nos tempos de Pasteur (35).

As fases estacionárias quirais para LC, lançadas comercialmente no início dos anos 1980, revolucionaram os métodos analíticos de resolução de enantiômeros e estabeleceram a cromatografia líquida como principal técnica de separação.

As misturas enantioméricas são resolvidas por meio de complexos diastereoisoméricos transitórios (*iv*) analito/fase estacionária quiral, que envolvem várias interações simultâneas no processo de discriminação quiral.

Uma variedade imensa de fases estacionárias quirais é comercialmente disponível. Elas são classificadas como pertencentes a dois grandes grupos de seletores quirais: naturais e sintéticos (36). Dentre os naturais, destacam-se os derivados de polissacarídeos, de glicopeptídeos macrocíclicos, de proteínas e de ciclodextrinas. Dos sintéticos, merecem destaque os do tipo Pirkle, os de polímeros impressos molecularmente (MIPs) e os de polímeros sintéticos. A capacidade de se trabalhar no modo analítico e em escala multi-miligrama ou preparativa é, talvez, responsável pelo grande sucesso da LC quando comparado à eletroforese capilar ou à cromatografia gasosa (GC), ambas também extensivamente usadas na separação de misturas enantioméricas (37).

Quando um fármaco é administrado como mistura racêmica, os parâmetros farmacocinéticos são mais complexos do que quando na forma enantiomericamente pura. Os enantiômeros podem ter T_{max} e C_{max} diferentes, devido à discriminação quiral sofrida nos processos farmacocinéticos. A razão enantiomérica (*v*) pode ainda ser afetada pela via de administração ou pelo sexo, idade, estado de saúde e fenótipo do paciente (38).

Apesar disso, antes da revisão do artigo “Sophisticated nonsense in pharmacokinetics and clinical pharmacology”, de Ariens em 1984 (39), a importância da estereoquímica no cenário farmacêutico era ignorada. Hoje em dia, os estudos de bioequivalência (*vi*) ainda não usam métodos enantiosseletivos, embora as razões para a importância destes sejam já bem conhecidas (40).

Os métodos de isolamento de enantiômeros em grande escala, especialmente por meio da cromatografia de leito móvel simulado, têm favorecido a produção de enantiômeros puros para os estudos farmacológicos e ou toxicológicos (41).

Modelar em condições analíticas o escalonamento das separações preparativas com alta produtividade tem propiciado plataformas minituarizadas capazes de fazer previsões exatas em uma escala de até 1 milhão de vezes, resultando em redução de solvente, de acordo com as demandas tecnológicas da química analítica verde (42; 43). Ainda no contexto da consciência ambiental, os avanços tecnológicos despertaram a atenção para a ocorrência de resíduos de fármacos ativos, provenientes da excreção humana e animal no meio ambiente (44). Como um grande número de fármacos comercializados é quiral (*vii*) e usado na forma de mistura racêmica, ou enantiomericamente pura, diferenças na toxicidade e disponibilidade de um enantiômero em relação ao outro podem existir, alterando a fração enantiomérica (45-47) (*viii*). O desenvolvimento de métodos analíticos (48) que propiciem a separação e quantificação de enantiômeros em nível traço, principalmente em sistemas aquáticos, surge como uma importante ferramenta, uma vez que possibi-

litam a investigação enantiosseletiva e monitoramento dos processos biológicos, tais como bióticos e abióticos, envolvidos durante a permanência dessas substâncias no ambiente (45; 49-51).

UM DOS MAIORES DESAFIOS Na formação de recursos humanos, o maior desafio é formar um indivíduo multidisciplinar, com sólido conhecimento em química fundamental, que lhe propicie as condições para atuar nas mais diversas áreas do conhecimento. A adequação na formação científica dos estudantes precisa ser revista, para englobar as demandas da química analítica moderna.

Quezia B. Cass é professora associada do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), pesquisadora do IC do CNPq, coordenadora do grupo de pesquisa Síntese Orgânica e CLAE. Os interesses de pesquisa estão relacionados com desenvolvimento de métodos para quantificação de pequenas moléculas em matrizes nativas complexas. Email: quezia@cnpq.br

Juliana Cristina Barreiro é bolsista de pós-doutoramento da Fapesp no grupo de pesquisa Síntese Orgânica e CLAE do Departamento de Química da UFSCar.

PARA ENTENDER MELHOR

(i) Processos metabólicos – processos químicos envolvidos na manutenção e reprodução da vida nos quais nutrientes são consumidos para gerar energia e pequenas moléculas (catabolismo), que, por sua vez, são usadas para formar moléculas mais complexas (anabolismo);

(ii) Cromatografia líquida em duas dimensões 2DLC – separação multidimensional em que as colunas utilizadas nas duas dimensões apresentam mecanismos de separação diferenciados;

(iii) Proteomas – conjunto de todas as proteínas expressas por um genoma;

(iv) Complexos diastereoisoméricos transitórios – complexo formado entre os enantiômeros e o seletor quiral presente na fase estacionária;

(v) Razão enantiomérica – razão entre as concentrações dos enantiômeros $RE = \frac{[E1]}{[E2]}$;

(vi) Bioequivalência – equivalência biológica *in vivo* de duas preparações diferentes de um mesmo fármaco;

(vii) Quiral – composto que apresenta assimetria causada por um centro, um eixo ou um plano;

(viii) Fração enantiomérica – razão entre a concentração do enantiômero (1) pela concentração do enantiômero (1) somado ao enantiômero (2) $FE = \frac{[E1]}{([E1] + [E2])}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Espada, A.; Molina-Martin, M.; Dage, J.; Kuo, M. S. *Drug Discovery Today*, Vol.13, no.417. 2008.
2. Hostettmann, K.; Wolfender, J.-L.; Terreaux, C. *Pharmaceutical Biology*, Vol.39, no.18. 2001.
3. Queiroz, E. F.; Wolfender, J. L.; Atindehou, K. K.; Traore, D.; Hostettmann, K. *Journal of Chromatography A*, Vol.974, no.123. 2002.

4. Li, D.Q.; Qian Z. M.; Li, S.P. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol.58, no.6608. 2010.
5. Holcapek, M.; Kolarova, L.; Nobilis, M. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, Vol.391, no.59. 2008.
6. Gosetti, F.; Mazzucco, E.; Zampieri, D.; Gennaro, M. C. *Journal of Chromatography A*, Vol.1217, no.3929. 2010.
7. Sancho, J. V.; Pozo, O. J.; Ibanez, M.; Hernandez, F. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, Vol.386, no.987. 2006.
8. Hernandez, F.; Sancho, J.V.; Ibanez, M.; Grimalt, S. *Trac-Trend in Analytical Chemistry*, Vol.27, no.862. 2008.
9. Cassiano, N.M.; Barreiro, J.C.; Martins, L.R.R.; Oliveira, R.V.; Cass, Q.B. *Química Nova*, Vol.32, no.1021. 2009.
10. Cappiello, A.; Famiglini, G.; Palma, P.; Trufelli, H. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, Vol.33, no.1067. 2010.
11. Chambers, E.; Wagrowski-Diehl, D.M.; Lu, Z.L.; Mazzeo, J.R. *Journal of Chromatography B*, Vol.852, no.22. 2007.
12. Trufelli, H.; Palma, P.; Famiglini, G.; Cappiello, A. *Mass Spectrometry Reviews (no prelo)*. 2010.
13. Tang, H.R.; Xiao, C.N.; Wang, Y.L. *Magnetic Resonance in Chemistry*, Vol.47, S157. 2009.
14. Corcoran, O.; Spraul, M. *Drug Discovery Today*. Vol.8, no.624. 2003.
15. Guttman, A.; Varoglu, M.; Khandurina, J. *Drug Discovery Today*, Vol.9, no.136. 2004.
16. Kuhnle, M.; Holtin, K.; Albert, K. *Journal of Separation Science*, Vol.32, no.719. 2009.
17. Calleri, E. et al. *Journal of Medicinal Chemistry*, Vol.53, no.3489. 2010.
18. Daolio, C. et al. *Phytochemical Analysis*, Vol.19, no.218. 2008.
19. Williams, R.E.; Lenz, E.M.; Lowden, J.S.; Rantalainen, M.; Wilson, I.D. *Molecular Biosystems*, Vol.1, no.166. 2005.
20. Williams, R.E.; Lenz, E.M.; Rantalainen, M.; Willson, I.D. *Molecular Biosystems*, Vol.2, no.193. 2006.
21. Lavine, B.; Workman, J. *Analytical Chemistry*, Vol.82, no.4699. 2010.
22. Ozbal, C.C. et al. *Assay and Drug Development Technologies*, Vol.2, no.373. 2004.
23. Cassiano, N.M.; Barreiro, J.C.; Moraes, M.C.; Oliveira, R.V.; Cass, Q. B. *Bioanalysis*, Vol.1, no.577. 2009.
24. Temporini, C.; Calleri, E.; Cabrera, K.; Felix, G.; Massolini, G. *Journal of Separation Science*, Vol.32, no.1120. 2009.
25. Guillardme, D.; Ruta, J.; Rudaz, S.; Veuthey, J.L. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, Vol.397, no.1069. 2010.
26. Stoll, D.R. *Bioanalysis*, Vol.2, no.105. 2010.
27. Stoll, D.R. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, Vol.397, no.979. 2010.
28. Alexander, A.J.; Ma, L.J. *Journal of Chromatography A*, Vol.1216, no.1338. 2009.
29. Kostyanovsky, R.G. *Mendeleev Communications*, Vol.13, no.85. 2003.
30. Legros, J.; Dehli, J.R.; Bolm, C. *Advanced Synthesis & Catalysis*, Vol.347, no.19. 2005.
31. Rouhi, A.M. *Chemical & Engineering News*, Vol.80, no.43. 2002.
32. Patel, R.N. *Coordination Chemistry Reviews*, Vol.252, no.659. 2008.
33. Marzo, A.; Heftmann, E. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, Vol.54, no.57. 2002.
34. Waldeck, B. *Pharmacology & Toxicology*, Vol.93, no.203. 2003.
35. Lough, W.J.; Wainer, I.W. *Chirality in natural and applied science*. Blackwell Science; CRC Press, Oxford Boca Raton, pp. xiii, 313p. 2002.
36. Berthod, A. *Analytical Chemistry*, Vol.78, no.2093. 2006.
37. Ward, T.J.; Ward, K.D. *Analytical Chemistry*, Vol.82, no.4712. 2010.
38. Rentsch, K. M. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, Vol.54, no.1. 2002.
39. Ariens, E.J. *European Journal of Clinical Pharmacology*, Vol.26, no.663. 1984.
40. Torrado, J.J.; Blanco, M.; Farre, M.; Roset, P.; Garcia-Arieta, A. *European Journal of Clinical Pharmacology*, Vol.66, no.599. 2010.
41. Junior, I. J. D. et al. *Química Nova*, Vol.29, no.1027. 2006.
42. Welch, C.J. et al. *Trac-Trend in Analytical Chemistry*, Vol.29, no.667. 2010.
43. Armenta, S.; Garrigues, S.; De la Guardia, M. *Trac Trends in Analytical Chemistry*, Vol.27, no.497. 2008.
44. MacLeod, S.L.; Wong, C.S. *Water Research*, Vol.44, no.533. 2010.
45. Hashim, N.H.; Shafie, S.; Khan, S.J. *Environmental Technology*, Vol.31, no.1349. 2010.
46. Fono, L.J.; Sedlak, D.L. *Environmental Science & Technology*, Vol.39, no.9244. 2005.
47. Buser, H.R.; Poiger, T.; Muller, M.D. *Environmental Science & Technology*, Vol.33, no.2529. 1999.
48. Barreiro, J.C.; Vanzolini, K.L.; Madureira, T.V.; Tiritan, M.E.; Cass, Q.B. *Talanta*, Vol.82, no.384. 2010.
49. Matamoros, V.; Hijosa, M.; Bayona, J.M. *Chemosphere*, Vol.75, no.200. 2009.
50. Ali, I.; Singh, P.; Aboul-Enein, H.Y.; Sharma, B. *Analytical Letters*, Vol.42, no.1747. 2009.
51. Perez, S.; Barcelo, D. *Trac-Trend in Analytical Chemistry*, Vol.27, no.836. 2008.

UMA BREVE HISTÓRIA DA QUÍMICA BRASILEIRA

Márcia R. Almeida
Angelo C. Pinto

A melhor e, ainda, a mais completa descrição da história da química no Brasil é o capítulo escrito por Heinrich Rheinboldt para o livro *As ciências no Brasil*, organizado por Fernando de Azevedo (1). Esta história ganha um novo impulso com o livro *A indústria química e o desenvolvimento do Brasil 1500-1889*, publicado em 1996, por Ernesto Carrara Junior e Hélio Meirelles, o qual completa uma lacuna que faltava na história da química brasileira (2).

Este texto deve ser visto como um ensaio, por não ter a profundidade de um artigo acadêmico, como merece a história da química no Brasil. Resume um conjunto de fatos e de marcos históricos, numa ótica muito pessoal dos autores, que enxergam a química num contexto mais amplo, não se limitando apenas à ciência e à indústria química. Não é a visão de um historiador profissional que se dedica a entender as origens da química. Os autores pertencem à corrente daqueles que acreditam que a química nasce com a elaboração e transmissão de conhecimentos práticos, cujas origens remontam ao domínio do fogo, à confecção de artefatos de cerâmica e aos primeiros processos de tinturaria e de fermentação. Por este ângulo, pode-se afirmar que a primeira descrição da química no Brasil foi feita por Pero Vaz de Caminha na carta que enviou ao rei Dom Manuel para dar notícia da nova terra encontrada. Na carta, considerada por muitos como a “certidão de nascimento do Brasil”, o escrivão da frota de Pedro Álvares Cabral revela todo o seu espanto com as cores vivas ornamentais dos seus habitantes. Impressionou-o o vermelho e a tinta negro-azulada com as quais os indígenas estavam pintados. Isso dá uma amostra do domínio dos processos de extração de corantes naturais e do tingimento corporal que tinham os habitantes do Novo Mundo. Eles sabiam como extrair o corante vermelho do urucum, a *Bixa orellana*, e a seiva dos frutos da árvore *Genipa americana*, de nome genipapo, que ao reagir com a pele, produz uma coloração negro-azulada (3) e com os quais é produzido um licor muito apreciado, até os dias de hoje, em todo o Brasil.

Da descoberta da nova terra até o século XIX, pode-se afirmar que os únicos fatos relacionados à ciência foram protagonizados pelos cronistas que se ocuparam da descrição das virtudes das plantas medicinais da flora nativa, e de elogiar os ares saudáveis e o clima da Terra de Santa Cruz, depois chamada de Brasil.

Algumas plantas medicinais brasileiras dos indígenas, descritas pelos cronistas, enriqueceram as farmacopeias europeias. O século XIX foi marcado pela presença de grandes expedições e cientistas

estrangeiros que vieram para coletar amostras dos três reinos da natureza, para enriquecer as coleções dos museus europeus.

O marasmo científico de Portugal imposto pela força da igreja, liderada, principalmente, pela ordem dos jesuítas, que fizeram da censura o instrumento de controle das publicações científicas na metrópole e, em consequência, em todas as suas colônias ultramarinas, perdurou até a reforma feita por Sebastião José de Carvalho e Melo (1699-1782), Conde de Oeiras e, depois Marquês de Pombal, o primeiro-ministro de D. José I. Um dos principais baluartes dos jesuítas, a Universidade de Évora, foi extinta em 1759, e a Reforma Pombalina, de 1772, levou à criação, na Universidade de Coimbra, das Faculdades de Matemática e de Filosofia Natural (ciências), e à reforma dos estudos de medicina. Novos estabelecimentos científicos se fizeram necessários, originando a construção de novos edifícios destinados ao Laboratório Químico, ao Observatório Astronômico, à Imprensa da Universidade e à instalação do núcleo inicial do Jardim Botânico (4).

Antes da Reforma Pombalina, no Brasil, assim como em Portugal, a ciência não “existia”, diferentemente do que acontecia em outros países da Europa. As únicas discussões científicas ocorriam em algumas poucas academias e sociedades científicas, todas de vida muito efêmera. No Rio de Janeiro, por exemplo, foi criada, em 1786, a Sociedade Literária do Rio de Janeiro, que funcionou regularmente até 1790, e que se ocupou da discussão de temas científicos, como o método para extração da tinta do urucum e a análise de águas, para citar apenas dois assuntos relacionados diretamente com a química, discutidos pelos sócios acadêmicos (5).

Apesar de a produção de açúcar de cana nos engenhos brasileiros ter começado na Bahia

após 1550, se estendendo depois para os estados de Alagoas e Pernambuco, e a indústria extrativista da mineração ter se iniciado a partir do século XVIII, atividades relacionadas à química eram praticamente inexistentes.

A CHEGADA DA FAMÍLIA REAL Mudanças só começaram no Brasil com a vinda de D. João VI e a transferência da corte portuguesa, em 1808, para o Rio de Janeiro. Era o começo de uma nova era. Aulas de química começam a ser ministradas na Academia Real Militar em 23 de abril de 1811, na verdade uma extensão da Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, criada em 1792, por ordem de Dona Maria I, rainha de Portugal, no espaço hoje ocupado pelo Museu Histórico Nacional, e nas Escolas de Medicina da Bahia e do Rio de Janeiro, criadas com a chegada da família real (6).

É curioso, face ao atraso científico do país, ser de autoria de Vicente Telles, um brasileiro, natural de Congonhas do Campo (MG), o livro *Elementos de química*, cuja primeira parte foi publicada em 1788, com o título completo de *Elementos de química oferecidos a Sociedade Literária do Rio de Janeiro para o uso do seu curso de química*, e a segunda parte, em 1790 (7), um ano depois do livro *Traité élémentaire de chimie*, de Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), que

AULAS DE QUÍMICA COMEÇAM A SER MINISTRADAS NA ACADEMIA REAL MILITAR EM 23/04/1811

viria a se constituir no marco divisor da química moderna. Apesar de avançado para a época, o livro de Vicente Telles, que combatia – como o de Lavoisier – a teoria do flogístico, não teve as repercussões significativas que merecia por sua qualidade e atualidade. A importância de Vicente Telles pode ser aquilatada pela criação de uma medalha, que leva o seu nome, pela Sociedade Portuguesa de Química, para distinguir químicos portugueses, com até 40 anos de idade, que tenham feito contribuição original nos seus campos de estudo (8).

Pode-se afirmar que a aventura da química começa, no Brasil, com a criação do Laboratório Químico-Prático do Rio de Janeiro (1812-1819) cujo propósito era o desenvolvimento de pesquisas químicas com finalidade comercial. O primeiro produto analisado no Laboratório dos Condes – como pode ser chamado o Laboratório Químico-Prático do Rio de Janeiro, porque por sua direção, durante seus sete anos de existência, passaram o Conde de Linhares (D. Rodrigo de Souza Coutinho, 1755-1812, afilhado do Marquês de Pombal), Conde das Galveas (João de Almeida de Melo e Castro, 1756-1814), Conde da Barca (Antônio de Araújo e Azevedo, 1754-1817) e o Conde dos Arcos (Marcos de Noronha e Brito, 1771-1828) – foi o pau-brasil (*Caesalpinia echinata*) que os portugueses desejavam comercializar com a China. O laboratório também se dedicou ao estudo da preparação do ópio (*Papaver somniferum*), à análise de águas sulfurosas e à purificação de aguardente de cana (9).

Outro laboratório de química, criado em 1824 também com objetivos práticos, foi o Laboratório Químico do Museu Imperial e Nacional, idealizado por João da Silveira Caldeira, seu primeiro diretor. Doutor em medicina pela Universidade de Edimburgo, Caldeira, aos 19 anos, fez um estágio com os renomados químicos Louis Nicolas Vauquelin (1763-1829) e André Laugier (1770-1832) e com o mineralogista René Just Haüy (1743-1822). Depois de passar por altos e baixos, o Laboratório Químico do Museu teve forte impulso com Ladislau de Souza Mello Neto, que convidou o farmacêutico Theodor Peckolt para reorganizá-lo. Na administração do fisiologista João Batista de Lacerda, o Museu Nacional foi re-estruturado e a parte de química foi dividida nos Laboratórios de Química Analítica e de Química Vegetal, que voltaram a se fundir em 1916, para deixar de ser, em 1931, uma seção autônoma da instituição. Durante sua existência, no Laboratório Químico do Museu foram feitas análises de combustíveis naturais, as primeiras perícias toxicológicas do país, análise e reclassificação de minerais, e pesquisas fitoquímicas com espécies da flora brasileira (10).

Peckolt tinha grande reputação científica antes de ser contratado para reorganizar a seção de química do Museu Nacional. Esse farmacêutico alemão, que chegou ao Brasil em novembro de 1848, e desde que pisou em solo brasileiro se dedicou à análise química de plantas, é considerado o pai da fitoquímica brasileira.

Esse naturalista estudou plantas brasileiras de diversas famílias, sempre com o propósito de descobrir e comercializar novos remédios

vegetais. Os trabalhos científicos de Peckolt integram uma extensa obra e foram publicados nos melhores periódicos europeus, e lhe conferiram as mais altas distinções acadêmicas, tanto no Brasil como no exterior. Muitos desses trabalhos foram feitos nas suas farmácias, primeiro em Cantagalo, cidade serrana do estado do Rio de Janeiro, e depois na farmácia Peckolt, que funcionou na rua da Quitanda (11). Pode-se dizer que hoje o que se conhece como química de produtos naturais (fitoquímica) no Brasil era feita nas boticas do Rio de Janeiro. Neste domínio não havia uma distinção entre química e farmácia. Ezequiel Corrêa dos Santos (1801-1864), considerado por alguns como o mais notável farmacêutico brasileiro do século XIX, é outro boticário que se dedica em sua farmácia ao estudo dos componentes químicos de plantas medicinais. Foi Ezequiel Corrêa dos Santos o primeiro a isolar um alcalóide no Brasil, a pereirina das cascas do pau-pereira (*Geissospermum vellosii*), uma árvore da família das apocináceas (12). Outro centro de estudos onde se realizaram alguns trabalhos sobre ações farmacológicas de plantas foi a Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro, onde se destacou o bacteriologista Domingues José Freire Junior, catedrático da cadeira de química orgânica e biológica, por seus estudos com os alcalóides de *Solanum grandiflora* (13).

OS PRIMEIROS CURSOS DE QUÍMICA SURGEM NO BRASIL NO INÍCIO DA DÉCADA DE 1910

A CRIAÇÃO DOS CURSOS DE QUÍMICA Os primeiros cursos de química surgem no Brasil no início da década de 1910. O primeiro curso foi de química industrial, no nível técnico, no Makenzie College que, quatro anos depois, em 1915, se tornou curso de nível superior. Neste mesmo ano, foi criada a Escola Superior de Química da Escola Oswaldo Cruz (14). Mas, a explosão dos cursos regulares de química só viria a ocorrer a partir do artigo “Façamos químicos”, do farmacêutico formado

pela Faculdade de Medicina da Bahia, José de Freitas Machado, publicado, em 1918, na *Revista de Chimica e Physica e de Sciencias Histórico-Naturaes*. A presença de Freitas Machado no cenário da química no país estendeu-se até o ano de 1946, quando se aposentou pela Escola Nacional de Química, hoje Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, da qual foi o primeiro diretor (1934-1935) (15).

Disciplinas de química eram ensinadas nas Escolas Superiores de Agricultura e Medicina Veterinária, fundadas em Pernambuco em 1912, por monges beneditinos. Os currículos destas escolas tinham forte conteúdo de química, próximo ao modelo pedagógico alemão, da química agrícola de Justus Liebig. Essas escolas, em 1967, se transformaram na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Talvez seja esta uma das razões pelas quais tantos agrônomos tiveram e têm grande destaque na ciência química brasileira (16).

Em 1918, ocorreu a criação do Instituto de Química, idealizado pelo médico Mario Saraiva e por ele dirigido durante vinte anos. Na origem desse instituto, está o Laboratório de Defesa e Fiscalização da Manteiga, cujo principal propósito era a análise da manteiga consumida no Brasil, toda ela importada da França até fins da década de 1920. Esse instituto, vinculado ao Ministério da Agricultura,

Indústria e Comércio, se tornou, depois de muitas mudanças ao longo do tempo, a principal instituição científica dedicada ao estudo da química de plantas brasileiras e o berço da fitoquímica atual. O núcleo liderado por Walter Mors, Oscar Ribeiro, Otto Gottlieb, Mauro Taveira Magalhães e Benjamin Gilbert, no Instituto de Química Agrícola (IQA), teve grande reconhecimento científico internacional até ser extinto em 1962. Com a extinção do IQA, Walter Mors e Benjamin Gilbert, a convite do professor Paulo da Silva Lacaz, foram para a Faculdade de Farmácia da Universidade do Brasil, na Praia Vermelha, onde fundaram o Centro de Pesquisas de Produtos Naturais (CPPN) que, depois de sua transferência para a Cidade Universitária da Ilha do Fundão, se transformou no Núcleo de Pesquisas de Produtos Naturais (NPPN). Otto Gottlieb, convidado por Darcy Ribeiro, foi participar da implantação do Departamento de Química da Universidade de Brasília (17).

Em 1922, foi criada a Sociedade Brasileira de Química como uma das decisões do primeiro Congresso Brasileiro de Química, que ocorreu naquele ano, no bojo das celebrações do primeiro centenário da independência do Brasil. Em 1933, a grafia foi alterada de *chimica* para *química*, e a Sociedade existiu até 1951. Seu primeiro presidente foi José de Freitas Machado, após a presidência provisória do professor Daniel Henninger, da Escola Politécnica (18).

Um dos marcos da química brasileira foi a criação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL), quando da fundação formal da Universidade de São Paulo (USP), em 25 de janeiro de 1934, mediante a reunião das faculdades isoladas existentes. Convidado pelo professor Teodoro Ramos, veio para a química da FFCL o professor Heinrich Rheinboldt, neto do famoso químico Heinrich Caro. Com extensa bagagem científica e 43 anos de idade, Rheinboldt e Heinrich Hauptmann, outro pesquisador alemão, este com 29 anos, iniciaram a química moderna brasileira. O primeiro doutor formado pela FFCL foi Simão Mathias, com a tese “Sobre mercaptanas bivalentes e sulfeto-dimercaptanas”, defendida em janeiro de 1942 (19). Um ano antes da criação da FFCL da USP, foi criada a Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil, subordinada à Diretoria Geral de Produção Mineral do Ministério da Agricultura.

Outro marco importante foi a criação, em 1959, do Instituto de Química da Universidade do Brasil. O regimento deste instituto só foi aprovado em 1962. Participaram de sua elaboração os professores

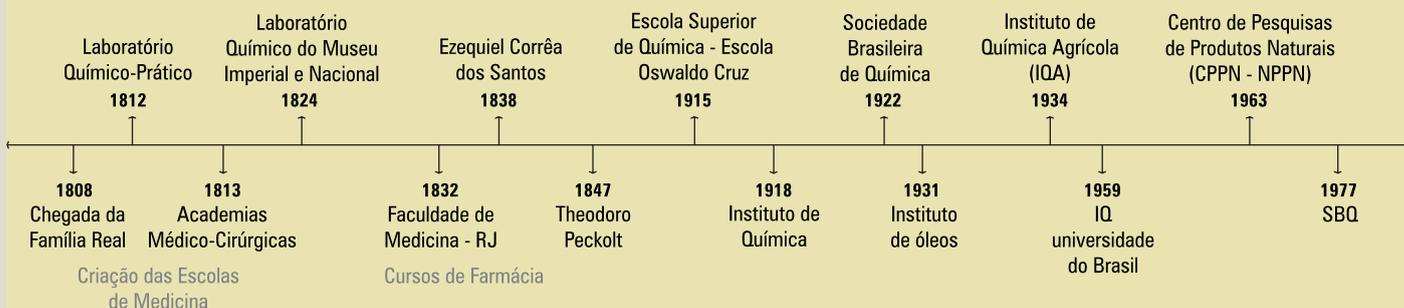
João Christóvão Cardoso (FNFi), Athos da Silveira Ramos (catedrático da Escola Nacional de Química e da FNFi) e João Cordeiro da Graça Filho (Catedrático da Escola Nacional de Engenharia). O primeiro diretor-presidente do Instituto foi o professor Athos da Silveira Ramos (15). A pós-graduação nos moldes da que vige hoje no país nasceu em 1963 no Instituto de Química, quando foram criados os cursos de química orgânica e de bioquímica.

Outro laboratório de grande destaque nas atividades científicas da área de química foi o Laboratório da Produção Mineral (LPM), do Departamento Nacional de Produção Mineral do Serviço Geológico Brasileiro. Chegou ao LPM em 1940, a convite do seu diretor Mario Abrantes da Silva Pinto, o químico austríaco Fritz Feigl, para criar o núcleo de microquímica. Feigl trabalhou nesse laboratório até se aposentar, em 1961. O legado deixado por Feigl com os seus *Spot Tests* – que o professor Claudio Costa Neto prefere chamar de Ensaios de Feigl – são um marco da química brasileira (20). Valendo-se de uma técnica de grande simplicidade e boa sensibilidade analítica, Feigl, com seus ensaios, publicou centenas de artigos científicos nos melhores periódicos internacionais. Autor de vários livros, editados em diferentes idiomas, Feigl é, até hoje, um dos químicos mais importantes que trabalhou no país. Dois de seus trabalhos merecem destaque pelo sucesso e aplicação industrial que tiveram: o isolamento de cafeína a partir dos extratos de café concentrados, que resultou na produção de cerca de 500 toneladas dessa substância – produto escasso no fim da Segunda Guerra Mundial, e cuja demanda no mercado internacional era muito grande; e o importante processo que Feigl desenvolveu para a solubilização de fosfato contido na bauxita brasileira (21).

A fundação da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), em 1977, durante a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, fecha um ciclo da história da química no Brasil. A partir da refundação da SBQ, cuja origem remonta ao ano de 1922, o mesmo ano da Semana de Arte Moderna e da Fundação do Partido Comunista Brasileiro, é iniciado um novo ciclo.

O PAPEL DO PADCT E DA UAB Não se pode deixar de mencionar o papel importante do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) e do Plano de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

LINHA DE TEMPO COM ALGUNS MARCOS HISTÓRICOS RELEVANTES PARA A QUÍMICA BRASILEIRA



(PADCT) que incentivou o ensino e o progresso da química brasileira. O PDE visou a expansão pública da educação superior e, através da Universidade Aberta do Brasil (UAB), tem levado quase duas centenas de cursos em diferentes modalidades, como licenciatura, bacharelado, especialização e extensão, a diferentes regiões do Norte, Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste do país. Na UAB estão credenciadas 92 instituições de ensino superior que têm disponibilizado cerca de 586 polos para o desenvolvimento de atividades presenciais, como as aulas práticas que o curso de química exige (22). Já o PADCT é um verdadeiro divisor de águas na química brasileira. Há o antes e o depois do PADCT. Graças a este plano, a química teve um extraordinário desenvolvimento e hoje é, dentro da grande área de ciências exatas, a que mais cresce no país.

CONCLUSÃO As escolhas de marcos históricos são sempre perigosas e arbitrárias em qualquer campo de estudo. Os critérios de escolha dependem sempre do olhar de quem faz as escolhas e da interpretação que faz da própria história. Este ensaio são recortes temporais selecionados de artigos científicos e de livros que tratam da história da química brasileira. Não se recorreu a fontes primárias e nem a pesquisas em arquivos. De todo modo, o objetivo dos pesquisadores foi resgatar um segmento da história da química brasileira, apresentando, inicialmente, as aplicações dos corantes naturais descobertos no período de colonização, passando pela criação de diferentes laboratórios para análises químicas direcionadas para o desenvolvimento do país e chegando à consolidação da química como ciência representativa, através da fundação da SBQ. Além disso, demonstrar a importância da química de produtos naturais, o estopim para o desenvolvimento da química brasileira que, hoje em dia, está se tornando menos clássica e mais aplicada. As substâncias isoladas de plantas estão servindo de modelo para a produção de novos medicamentos sintéticos, e os extratos, para a obtenção de medicamentos fitoterápicos. Cada vez mais, o consumo de plantas medicinais e fitoterápicos é estimulado pelo governo, que tem incentivado a fitoterapia como alternativa no tratamento de algumas doenças, baseado no conhecimento de comunidades tradicionais e indígenas acerca das plantas.

Márcia R. Almeida é doutoranda do programa de pós-graduação em química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e tutora presencial da Fundação Centro de Ciências e Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro - Consórcio Cederj. Email: marcialmeida@iq.ufrj.br

Angelo C. Pinto é professor titular do Instituto de Química da UFRJ, membro titular da Academia Brasileira de Ciências, editor da Revista Virtual de Química e bolsista nível 1A do CNPq. Email: angelocpinto@gmail.com

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rheinboldt, H. "A química no Brasil". In: de Azevedo, F (Org). *As ciências no Brasil*. Vol. 2, pp.9-89, UFRJ. 1994.
- Carrara Jr., & Meirelles, H. *A indústria química no Brasil 1500-1889*. Vol. 2. 968p. Metalivros. 1996.
- Pinto, A. C. "O Brasil dos viajantes e dos exploradores e a química de produtos naturais brasileira". *Quim. Nova*, Vol.18, no.6, pp.608-615. 1995.
- Pimentel, A. F. & Agostinho, R. *A Universidade de Coimbra. Uma vista a partir do paço das escolas*. 41p. Gráfica de Coimbra Ltda. 2006.
- Ferraz, M. H. M. "Trabalhos e estudos luso-brasileiros em química (1772-1822)". In: *Centenário de Heinrich Rheinboldt 1891-1991*. pp.73-83. IQ-Universidade de São Carlos. 1993.
- Em: http://www.dct.eb.mil.br/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=88, acesso em 04/12/2010.
- Filgueiras, C. A. L. "Vicente Telles, o primeiro químico brasileiro". *Quim. Nova*, Vol.8, no.4, pp.263-270. 1985.
- <http://www.spq.pt/premios2.asp>, acesso em 04/12/2010.
- Dos Santos, N. P. "Laboratório Químico-Prático do Rio de Janeiro - A primeira tentativa de difusão da química no Brasil (1812-1819)". *Quim. Nova*, Vol.27, no.2, pp.342-348. 2004.
- Stepan, N. *Gênese e evolução da ciência brasileira*. 188p., Arte Nova. 1976.
- Dos Santos, N. P.; Pinto, A. C.; de Alencastro, R. B. "Theodoro Peckolt: naturalista e farmacêutico do Brasil imperial". *Quim. Nova*, Vol.21, no.5, pp.666-670. 1998.
- Almeida, M. R.; Lima, J. A.; dos Santos, N. P.; Pinto, A. C. "Pereirina: o primeiro alcalóide isolado no Brasil?" *Rev. Bras. Farmacogn*, Vol.19, no.4, pp.945-952. 2009.
- Pinto, A. C.; de Alencastro, R. B.; dos Santos, N. P. "A gênese da química de produtos naturais no Brasil". In: de Moraes, S. M & Braz-Filho, R. (Orgs). *Produtos naturais. Estudos químicos e biológicos*. pp.47-62. EdUECE. 2007.
- Dos Santos, N. P.; Pinto, A. C.; de Alencastro, R. B. "Façamos químicos - a 'certidão de nascimento' dos cursos superiores de química de nível superior no Brasil". *Quim. Nova*, Vol.29, no.3, pp.621-626. 2006.
- Afonso, J. C.; & dos Santos, N. P. *Instituto de Química da UFRJ: 50 anos*. 319p. Instituto de Química/UFRJ. 2009.
- Magalhães, F. O.; & de Almeida, V. A. *Gabinete de química. O testemunho silencioso de equipamentos e utensílios obsoletos*. 83p. 2009.
- De Faria, L. R. "Uma ilha de competência: a história do Instituto de Química Agrícola na memória de seus cientistas". *História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, Vol.11, no.3, pp.51-74. 1997.
- Filgueiras, C. A. L. "A primeira Sociedade Brasileira de Química". *Quim. Nova*, Vol.19, no.4, pp.445-450. 1996.
- Senise, P. "Simão Mathias: colega e amigo". In: Alfonso-Goldfarb, A. N.; Ferraz, M. H. M.; Beltran, M. H. R.; dos Santos, A. P. (Orgs). *Simão Mathias - cem anos: química e história da química no início do século XXI*. pp.9-14. EDIT-SBQ, PUC-SP. 2010.
- Espinola, A. *Fritz Feigl, atualidade de seu legado científico*. 344p. Instituto de Química/Coppe - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009.
- Espinola, A. "Fritz Feigl - sua obra e novos campos tecno-científicos por ela originados". *Quim. Nova*, Vol.27, no.1, pp.169-176. 2004.
- Em: <http://www.uab.capes.gov.br> acesso em 07/12/2010.

PROGRAMAÇÃO

Ano Internacional da Química será comemorado no mundo todo sob coordenação da Unesco

O ano de 2011 é oficialmente o Ano Internacional da Química (AIQ). A data, coordenada pela Organização Cultural, Científica e Educacional das Nações Unidas (Unesco), tem um extenso programa em todo o mundo para celebrar as grandes descobertas e os avanços científicos e tecnológicos dessa que é uma das áreas mais ativas da ciência. A proposta é aumentar o interesse do público sobre a química, encorajando o interesse entre os mais jovens para a área e gerando algum tipo de entusiasmo nesses indivíduos para que eles se tornem futuros químicos. A escolha da data também coincide com o centenário do Prêmio Nobel em Química entregue à física e química polonesa Marie Curie e, de acordo com a organização internacional do evento, isso seria uma forma de homenagear as descobertas e realizações das mulheres na ciência. O slogan da campanha internacional “Chemistry: our life, our future” (química: nossa vida, nosso futuro) foi adaptado, no Brasil, para “Química para um mundo melhor”. “A proposta do AIQ é ter um olhar especial para a educação para a química, nos diversos níveis de formação, enfatizando as questões ambientais e a sustentabilidade”, aponta Cláudia Rezende, pesqui-



O ano internacional quer divulgar a química e cativar o público

sadora do Instituto de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e coordenadora nacional do Ano Internacional no país. Entre as propostas para essa comemoração no Brasil estão a criação de materiais paradidáticos virtuais – disponíveis através do Portal do Professor no site do Ministério da Educação (MEC) – e o lançamento de um DVD com experimentos de química para ser usado em sala de aula. “O primeiro deles é uma coleção de *ebooks* sobre a química no cotidiano – química do amor, dos cosméticos, energia, saúde, alimentos, na natureza e nos esportes, por exemplo. Já o DVD de experimentos, intitulado “A química perto de você: experimentos para a sala de aula do ensino fundamental e médio”, focará a parte prática”, explica Cláudia. Outras ações que estão em fase de desenvolvimento são exposições, mostras e atividades artísticas sobre essa área do conhecimento em todo o país. Além disso, também estão agendados diversos eventos que valorizem a formação de professores e licenciandos de química. “A ideia é provocar o

questionamento do papel da química e sua adequação às premências da sustentabilidade”, diz a pesquisadora.

R\$2 MILHÕES PARA DIVULGAR E POPULARIZAR A QUÍMICA NO BRASIL A primeira ação brasileira, promovidas pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ) – que contou com o apoio do governo federal – foi criar um selo brasileiro através de uma campanha aberta à sociedade e um portal (www.quimica2011.org.br), que foi ao ar ainda em 2010. Além disso, a SBQ também captou, em edital nacional junto ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), aproximadamente R\$2 milhões, aberto aos projetos de divulgação e popularização da química. Os resultados do edital 48/2010 já estão disponíveis na página do órgão de fomento e incluem 47 projetos de quase todos os estados do Brasil. A programação final do AIQ 2011 está disponível aos interessados a partir do final do mês de janeiro.

Enio Rodrigo Barbosa

Divulgação



Marie Curie estava à frente de seu tempo, ganhou dois prêmios Nobel e teve duas filhas

TEATRO

Espectáculo celebra a química e presta homenagem às mulheres cientistas

O grupo Arte e Ciência no Palco (ACP), especializado em trazer para os palcos do teatro histórias com viés científico, prepara uma dupla homenagem para estrear neste ano. Além de celebrar o Ano da Química (data mundial proposta pela Unesco), vai também trazer as diferentes histórias de mulheres cientistas. O fio condutor vai ser uma das maiores cientistas da história da química, a polonesa radicada na França Marie Curie (1867-1934). Outra grande personagem, a austríaca Hedy Lamarr (1913-2000) – que alguns podem conhecer pelo sucesso no cinema, mas que também é responsável por um conceito de

transmissão de dados que ajudou no desenvolvimento da telefonia de celulares –, também vai estar sob os holofotes. E, além do ponto e contraponto, haverá um terceiro ângulo para a história, o de uma grande cientista brasileira, ainda a ser definida.

“Temos grandes cientistas brasileiras e, como o processo ainda está em desenvolvimento, não fechamos essa terceira personagem. Mas a ideia é falar de injustiças políticas que ocorreram com essas pesquisadoras no Brasil”, diz Carlos Palma, ator, diretor, dramaturgo e um dos fundadores do ACP. O texto do espetáculo, inclusive, é de autoria de Palma e Oswaldo Mendes.

FIO CONDUTOR Marie Curie (nascida Maria Skłodowska) foi escolhida para ser a representação das mulheres cientistas, obstinadas e focadas em seu trabalho. “Marie Curie tinha um talento nato para a ciência. Seus maiores dramas se dão nesse contexto. No núcleo familiar,

não houve grandes perturbações, mas dentro do ambiente científico, sim”, justifica Palma.

Já Hedy Lamarr (nome artístico de Hedwig Eva Maria Kiesler) também tinham um grande talento para a matemática mas, ao contrário de Curie, ela abandonou a ciência para ter uma vida mais pública, casou-se seis vezes e, depois de fugir da Segunda Guerra Mundial, fez carreira em Hollywood. Para se ter uma ideia de seus talentos para a ciência, Lamarr desenvolveu um sistema que poderia anular os efeitos e despistar o radar de aeronaves em movimento (o “Hedy Kiesler Markey”). Difícil de ser implementado, o sistema foi abandonado na época, mas hoje é a base para a composição de frequências de telefonia celular, como o CDMA e do Wi-Fi. Curie e Lamarr eram, assim, cientistas com grandes talentos, mas apaixonadas por coisas diferentes. “Curie morreu pela ciência; Lamarr não nasceu para a ciência, por assim dizer”, compara Palmas. Além de “Mulheres na ciência” (título provisório do espetáculo que deve estrear em julho), o ACP também prepara para este primeiro semestre um espetáculo sobre neurociências, o “On ego”. “Esse espetáculo é uma adaptação de um texto dos americanos Paul Brok – autor do livro *Into the silent land: travels in neuropsychology* – e do diretor Mick Gordan e já está mais adiantado”, afirma Palmas, que trabalha agora nos dois espetáculos concomitantemente (atuando no primeiro e escrevendo o segundo).

Enio Rodrigo Barbosa

Este levantamento foi realizado a partir de indicações do coordenador e autores do Núcleo Temático e com base nos diretórios de pesquisa do CNPq, buscando-se, na medida do possível, assegurar uma representatividade pelas diferentes especialidades e regiões do país. As indicações são apenas amostras de alguns grupos de pesquisa atuantes.

NOME DO GRUPO

QUÍMICA DE COMPOSTOS ORGANOMETÁLICOS E DE COORDENAÇÃO

LÍDERES DO GRUPO

MARIA DOMINGUES VARGAS
MAURICIO LANZMASTER

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Carbonilas metálicas polinucleares de irídio e heterometálicas de irídio e ródio/ouro/platina: estudos sintéticos, cinéticos e catalíticos; Complexos metálicos de naftoquinonas e estudos de suas propriedades farmacológicas; Estudos DFT da fluxionalidade de carbonilas metálicas trinucleares do grupo do ferro; Síntese e avaliação farmacológica de derivados ferrocênicos

INSTITUIÇÃO

UFF

ENDEREÇO

Outeiro de São João Batista, s/n, Campus do Valonguinho – Centro
CEP: 24020-150 – Niterói – RJ
Tel: (21) 2629-2225

NOME DO GRUPO

ANÁLISE POR INJEÇÃO EM FLUXO E SENSORES QUÍMICOS

LÍDERES DO GRUPO

ORLANDO FATIBELLO FILHO
RONALDO CENSI FARIA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Análise por injeção em fluxo; Biossensores e sensores

INSTITUIÇÃO

UFSCar

ENDEREÇO

Rod. Washington Luiz, km 235
Campus Universitário
CEP: 13560-970 – São Carlos – SP
Tel: (16) 3351-8098

NOME DO GRUPO

CENTRO INTERDISCIPLINAR DE ENERGIA E AMBIENTE

LÍDERES DO GRUPO

JAILSON BITTENCOURT DE ANDRADE
MILTON JOSÉ PORSANI

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Combustíveis fósseis e provenientes da biomassa; Geração e uso eco-eficiente de energia; Impactos ambientais na atmosfera, litosfera, hidrosfera e na vida; Nanotecnologia e materiais avançados; Tecnologias limpas

INSTITUIÇÃO

UFBA

ENDEREÇO

R. Basílio da Gama, s/n – Canela
CEP: 40110-040 – Salvador – BA
Tel: (71) 3283-8530

NOME DO GRUPO

DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS E MOLÉCULAS BIOLÓGICAMENTE ATIVAS EM SÍNTESE ORGÂNICA

LÍDERES DO GRUPO

MARIA CECÍLIA BASTOS VIEIRA DE SOUZA
VITOR FRANCISCO FERREIRA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Desenvolvimento de novos auxiliares e catalisadores quirais; Diazo composto em síntese orgânica; Síntese assimétrica de substâncias biologicamente ativas

INSTITUIÇÃO

UFF

ENDEREÇO

Outeiro de São João Batista, s/n, Campus do Valonguinho – Centro
CEP: 24020-150 – Niterói – RJ
Tel: (21) 2629-2345

NOME DO GRUPO

GRUPO DE BIOINORGÂNICA E EQUILÍBRIO

LÍDERES DO GRUPO

ADEMIR NEVES
BRUNO SZPOGANICZ

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Caracterização dos equilíbrios dos íons metálicos nas águas naturais e substâncias húmicas; Equilíbrio de açúcares e de compostos naturais com atividade hipoglicêmicas com íons metálicos

INSTITUIÇÃO

UFSC

ENDEREÇO

Campus Universitário
Depto. Química – Trindade
CEP: 88040-900 – Florianópolis – SC
Tel: (48) 3721-6844

NOME DO GRUPO

GRUPO DE ANÁLISE INSTRUMENTAL
APLICADA

LÍDERES DO GRUPO

ANA RITA DE ARAUJO NOGUEIRA
JOAQUIM DA NOBREGA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Análise em fluxo; Métodos
espectroanalíticos; Preparo
de amostra; Preparo de materiais
de referência; Quimiometria;
Tratamento de resíduos químicos

INSTITUIÇÃO

Embrapa

ENDEREÇO

Rod. Washington Luiz, km 234
Fazenda Canchim – CEP: 13560-970
São Carlos – SP Tel: (16) 3411-5600

NOME DO GRUPO

GRUPO DE CATALISE E MECANISMOS
DE REAÇÕES ORGÂNICAS

LÍDERES DO GRUPO

FARUK NOME
HUGO ALEJANDRO GALLARDO OLMEDO

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Aplicações e usos da biocatálise
em meio orgânico; Catálise por
superfícies carregadas em reações
químicas; Estudos de modelos de
catálise enzimática; Genômica
estrutural; Processos fotoquímicos
em interfaces carregadas

INSTITUIÇÃO

UFSC

ENDEREÇO

Campus Universitário
Depto. Química – Trindade
CEP: 88040-900 – Florianópolis – SC
Tel: (48) 3721-6844

NOME DO GRUPO

GRUPO DE ELETROQUÍMICA

LÍDERES DO GRUPO

EDSON A. TICIANELLI
ERNESTO RAFAEL GONZALEZ

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Conversão e armazenamento
eletroquímico de energia;
Desenvolvimento de materiais
eletroquímicos; Eletrocatalise; Eletroquímica
ambiental; Estudos da interface
eletrodo/solução; Reatores químicos e
catálise heterogênea; Sistemas complexos
e dinâmica não-linear

INSTITUIÇÃO

USP

ENDEREÇO

Av. Trabalhador São Carlense, 400
Cx. Postal 780 – Centro
CEP: 13560-970 São Carlos – SP
Tel: (16) 3373-9951
<http://www.iqsc.usp.br>

NOME DO GRUPO

FLUORESCÊNCIA MOLECULAR

LÍDER DO GRUPO

MARCELO H. GEHLEN

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Acompanhamento de cinética
enzimática por métodos avançados
de fluorescência; Desenvolvimento de
marcadores fluorescentes poliméricos;
Dinâmica estocástica em sistemas de
confinamento molecular; Fluorescência
e fotoquímica em nanopartículas e
sistemas supramoleculares

INSTITUIÇÃO

USP

ENDEREÇO

Av. Trabalhador São Carlense, 400,
Lab. 55 – Centro – CEP: 13566-590
São Carlos – SP – Tel: (16) 3373-9928

NOME DO GRUPO

GRUPO DE CROMATOGRAFIA

LÍDER DO GRUPO

FERNANDO LANÇAS

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Alimentos; Cromatografia e
eletroforese; Energia; Gestão
de qualidade; Meio ambiente;
Pesquisa e desenvolvimento em
cromatografia; Saúde pública

INSTITUIÇÃO

USP

ENDEREÇO

Av. Trabalhador São Carlense, 400
Centro – CEP: 13566-590
São Carlos – SP – Tel: (16) 3373-9983

NOME DO GRUPO

GRUPO DE ESPECTROMETRIA, PREPARO
DE AMOSTRAS E MECANIZACAO

LÍDER DO GRUPO

MARCO AURÉLIO ZEZZI ARRUDA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Bioanalítica; Espectrometria atômica
e de massas; Instrumentação e
automação em química analítica;
Pré-concentração; Preparo de
amostras; Química ambiental

INSTITUIÇÃO

Unicamp

ENDEREÇO

Cidade Universitária Zeferino Vaz
Barão Geraldo – CEP: 13083-970
Campinas – SP – Tel: (19) 3521-3089

NOME DO GRUPO

GRUPO DE FÍSICO-QUÍMICO
DE SOLUÇÕES DE POLÍMEROS
E SURFATANTES

LÍDER DO GRUPO

WATSON LOH

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Equilíbrio de fases; Química
coloidal; Química coloidal
de petróleo; Termoquímica
e métodos termoanalíticos

INSTITUIÇÃO

Unicamp

ENDEREÇO

Cidade Universitária Zeferino Vaz
Barão Geraldo – CEP: 13083-970
Campinas – SP Tel: (19) 3521-3148

NOME DO GRUPO

GRUPO DE PESQUISAS EM
ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS

LÍDERES DO GRUPO

MARTHA BOHRER ADAIME
RENATO ZANELLA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Avaliação da eficiência dos processos
oxidativos avançados na degradação
de pesticidas em águas de irrigação;
Desenvolvimento de métodos
analíticos para a determinação de
resíduos de pesticidas em alimentos
e água; Desenvolvimento de novas
fases estacionárias para uso em
cromatografia gasosa

INSTITUIÇÃO

UFSM

ENDEREÇO

Depto. Química, Prédio 17, Sala 1306
Camobi – CEP: 97105-900
Santa Maria – RS
Tel: (55) 3220-8011

NOME DO GRUPO

HISTÓRIA DA QUÍMICA

LÍDER DO GRUPO

CARLOS ALBERTO L. FILGUEIRAS

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA;
QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

História das ciências;
História da química; Ensino

INSTITUIÇÃO

UFMG

ENDEREÇO

Depto. Química,
Av. Antônio Carlos, 6627
Pampulha – CEP: 31270-901
Belo Horizonte – MG
Tel: (31) 3409-5727

NOME DO GRUPO

GRUPO DE INSTRUMENTAÇÃO E
AUTOMAÇÃO EM QUÍMICA ANALÍTICA

LÍDERES DO GRUPO

CÉLIO PASQUINI
JARBAS JOSE RODRIGUES ROHWEDDER

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Automação e instrumentação em
química analítica; Espectroscopia em
Plasma Induzido por Laser (LIBS);
Espectroscopia no Infravermelho
Próximo (NIR); Microfabricação
de sistemas e dispositivos analíticos;
Sensores ópticos

INSTITUIÇÃO

Unicamp

ENDEREÇO

Instituto de Química
Cx. Postal 6154 – Barão Geraldo
CEP: 13084-971 – Campinas – SP
Tel: (19) 3251-3136

NOME DO GRUPO

HISTÓRIA DA QUÍMICA

LÍDER DO GRUPO

RICARDO DE CARVALHO FERREIRA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

História das ciências;
História da química; Ensino

INSTITUIÇÃO

UFPE

ENDEREÇO

Depto. Química Fundamental, Cidade
Universitária – CEP: 50670-901
Recife – PE – Tel: (81) 21268440

NOME DO GRUPO

GRUPO DE PESQUISAS NA
ÁREA DE SÍNTESE ORGÂNICA

LÍDER DO GRUPO

LUIZ CARLOS DIAS

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Cálculos teóricos de NBO em
moléculas orgânicas; Controle da
estereoquímica relativa em sistemas
acíclicos; Estudos de ressonância
magnética nuclear envolvendo espécies
reativas; Síntese de produtos naturais
com atividade farmacológica destacada

INSTITUIÇÃO

Unicamp

ENDEREÇO

Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Lab. Bloco D-366 – Barão Geraldo
CEP: 13083-970 – Campinas – SP
Tel: (19) 3521-3097

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE APOIO AO
DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

LÍDERES DO GRUPO

FRANCISCO RADLER DE AQUINO NETO
HENRIQUE MARCELO GUALBERTO
PEREIRA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Apoio ao desenvolvimento
tecnológico; Análise de resíduos;
Controle de dopagem; Geoquímica
orgânica molecular e ambiental;
Preparação de colunas e cromatografia

INSTITUIÇÃO

UFRJ

ENDEREÇO

Av. Athos da Silveira Ramos, 149,
CT-BL. A – Sala 607 – Ilha do Fundão
CEP: 21941-909 – Rio de Janeiro – RJ
Tel: (21) 2562-7134

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE CATALÍSE MOLECULAR

LÍDERES DO GRUPO

JAIRTON DUPONT
OSVALDO DE LAZARO CASAGRANDE
JUNIOR

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Catalise homogênea e bifásica;
Design, síntese e caracterização de
organometálicos; Líquidos iônicos;
Polimerização catalítica de olefinas

INSTITUIÇÃO

UFRGS

ENDEREÇO

Av. Bento Gonçalves, 9500
Agronomia – CEP: 91501-970 – Porto
Alegre – RS – Tel: (51) 3308-6303

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE QUÍMICA
DE MATERIAIS MOLECULARES

LÍDER DO GRUPO

HUMBERTO OSÓRIO STUMPF

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Nanomagnetismo molecular;
Precusores de materiais moleculares
para emprego em semicondutores;
Química supramolecular na síntese
de magnetos moleculares

INSTITUIÇÃO

UFMG

ENDEREÇO

Av. Antonio Carlos, 6627 – Pampulha
CEP: 31270-901 – Belo Horizonte
MG – Tel: (31) 3409-5743

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO E
SÍNTESE DE SUBSTÂNCIAS BIOATIVAS

LÍDERES DO GRUPO

CARLOS ALBERTO MANSSOUR FRAGA
ELIEZER JESUS DE LACERDA BARREIRO

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Desenho, síntese e avaliação
farmacológica de novos candidatos a
fármacos; Síntese de fármacos genéricos

INSTITUIÇÃO

UFRJ

ENDEREÇO

Cidade Universitária, CCS
Cx. Postal 68006 – Ilha do Fundão
CEP: 21944-970 – Rio de Janeiro – RJ
Tel: (21) 2562-6644

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE
MODELAGEM MOLECULAR

LÍDERES DO GRUPO

MAGALY GIRÃO ALBUQUERQUE
RICARDO BICCA DE ALENCASTRO

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

História da química no Brasil;
Modelagem molecular do fator
de crescimento vascular endotelial;
Projetos independentes; Síntese e
modelagem molecular de inibidores
de HIV-protease

INSTITUIÇÃO

UFRJ

ENDEREÇO

Depto. Química Orgânica, Bl. A,
Centro de Tecnologia, Sala 609
Ilha do Fundão – CEP: 21949-900
Rio de Janeiro – RJ
Tel: (21) 2562-7132

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE REATIVIDADE
DE HIDROCARBONETOS, BIOMASSA
E CATALÍSE

LÍDER DO GRUPO

CLAUDIO DE ARAUJO MOTA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Acidez de sólidos ácidos; Conversão
de etanol; Conversão de gases do
efeito estufa; Formação e reatividade
de carbocátions sobre sólidos ácidos;
Nanomateriais híbridos;
Transformação química de glicerina

INSTITUIÇÃO

UFRJ

ENDEREÇO

Av. Athos da Silveira Ramos, 149
Cidade Universitária
CEP: 21941-909 – Rio de Janeiro – RJ
Tel: (21) 2590-0990

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE SÍNTESE
DE CATALISADORES E COMPOSTOS
DE SELÊNIO BIOATIVOS

LÍDER DO GRUPO

ANTONIO BRAGA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Síntese e aplicação de pequenas
moléculas de selênio ou relúrio
como miméticas de enzimas;
Síntese e avaliação de compostos
organocalcogênicos quirais
derivados de aminoácidos

INSTITUIÇÃO

UFSC

ENDEREÇO

Campus Universitário
Depto. Química – Trindade
CEP: 88040-900 – Florianópolis – SC
Tel: (48) 3721-6844

NOME DO GRUPO

PESQUISAS EM CROMATOGRAFIA
LÍQUIDA: ANÁLISES DE AGROTÓXICOS
E FÁRMACOS

LÍDERES DO GRUPO

CAROL COLLINS
ISABEL CRISTINA SALES FONTES JARDIM

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Pesquisas em cromatografia líquida:
análise de pesticidas e fármacos;
Preparação e caracterização de fases
estacionárias para cromatografia
líquida de alta eficiência (Clac);
Preparo de amostras para
cromatografia gasosa e líquida

INSTITUIÇÃO

Unicamp

ENDEREÇO

Laboratório de Pesquisas em
Cromatografia Líquida, BLA2
Cx. Postal: 6154 – CEP: 13084-971
Campinas – SP – Tel: (19) 3521-3061

NOME DO GRUPO

QUÍMICA DE COORDENAÇÃO
AMBIENTAL E ESPECTROSCOPIA DE EPR

LÍDERES DO GRUPO

ANTONIO SALVIO MANGRICH
IARA MESSERSCHMIDT

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Contribuição à aquisição de dados
essenciais para avaliação global do
sequestro de carbono; Espectroscopia
de EPR; Química de coordenação com
ligantes macromoleculares do ambiente

INSTITUIÇÃO

UFPR

ENDEREÇO

Centro Politécnico da UFPR,
Cx. Postal: 19081 – Jd. das Américas
CEP: 81531-980 Curitiba – PR –
Tel: (41) 3361-3182

NOME DO GRUPO

QUÍMICA SUPRAMOLECULAR
E NANOTECNOLOGIA

LÍDERES DO GRUPO

HENRIQUE EISI TOMA
KOITI ARAKI

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Nanotecnologia supramolecular e
dispositivos; Química supramolecular
e nanotecnologia

INSTITUIÇÃO

USP

ENDEREÇO

Av. Prof. Lineu Prestes, 748
Butantã – CEP: 05508-000
São Paulo – SP – Tel: (11) 3091-8513

NOME DO GRUPO

SÍNTESE ORGÂNICA/SÍNTESE DE
PRODUTOS NATURAIS

LÍDER DO GRUPO

RONALDO ALOISE PILLI

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Síntese de fármacos; Síntese de
produtos naturais com atividade
biológica; Síntese orgânica

INSTITUIÇÃO

Unicamp

ENDEREÇO

Cidade Universitária Zeferino Vaz
Barão Geraldo – CEP: 13083-970
Campinas – SP – Tel: (19) 3521-3083

NOME DO GRUPO

SÍNTESE, ESPECTROSCOPIA,
MODELAGEM MOLECULAR E AVALIAÇÃO
BIOLÓGICA DE COMPOSTOS BIOATIVOS

LÍDER DO GRUPO

JOSÉ DANIEL FIGUEROA VILLAR

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; QUÍMICA

LINHAS DE PESQUISA

Compostos de coordenação, síntese,
estrutura e bioinorgânica; Defesa contra
guerra química e biológica; Metrologia
química; Modelagem molecular em
química medicinal; Novos
antiparasitários e antibióticos; Produtos
naturais; Ressonância magnética nuclear

INSTITUIÇÃO

IME

ENDEREÇO

Praça General Tibúrcio, 80 – Urca
CEP: 22290-270 – Rio de Janeiro – RJ
Tel: (21) 2546-7057

Artigos



Ensaaios

A COR NA RIBALTA

Petrônio Domingues

Em dezembro de 1948, o famoso dramaturgo Nelson Rodrigues concedeu uma entrevista ao jornal *Quilombo*. Perguntado a que ele atribuía o afastamento do negro dos palcos brasileiros, respondeu: “- Acho, isto é, tenho a certeza de que é pura e simples questão de desprezo. Raras companhias gostam de ter negro em cena; e quando uma peça exige o elemento de cor, adota-se a seguinte solução: brocha-se um branco. Branco pintado – eis o negro do teatro nacional”. Em seguida, Nelson Rodrigues não hesitava em dizer: “É preciso uma ingenuidade perfeitamente obtusa ou uma má fé cínica para se negar a existência do preconceito racial nos palcos brasileiros. Os artistas de cor, ou fazem moleques gaiatos, ou carregam bandeja ou, por último, ficam de fora” (1).

Foi justamente para se contrapor à situação descrita por Nelson Rodrigues que foi criado o Teatro Experimental do Negro (TEN), no Rio de Janeiro, em 1944. Em outras palavras, o TEN foi um protesto contra a exclusão do negro dos palcos brasileiros ou contra sua inclusão marginal, em papéis subalternos ou decorativos. Quando uma peça reservava um papel de destaque para o negro, ele geralmente era interpretado por um ator branco, que pintava o rosto de preto.

Mas como o TEN entrou em cena? No início da década de 1940, Abdias do Nascimento – um afrobrasileiro nascido em Campinas (SP), ex-militar, agitador cultural e ativista político, com passagem pelo movimento integralista, o fascismo à brasileira – empreendeu uma campanha pela criação

de um grupo de teatro negro. Inicialmente, ele apresentou a ideia de soerguimento desse teatro em São Paulo, mas não encontrou apoio no meio negro e intelectual. Até mesmo Mário de Andrade, escritor modernista, teria recusado o convite de ajudá-lo na empreitada. Já no Rio de Janeiro, Abdias assistiu a uma conferência do teatrólogo Pascoal Carlos Magno, em que este indicava a necessidade da emergência do teatro negro no Brasil. Abdias, então, sentiu-se mais motivado e passou a convocar reuniões preparatórias. A primeira “reunião” teria sido no Café Amarelinho, na Cinelândia, com Aguinaldo Camargo, Wilson Tibério, Teodorico dos Santos e José Herbel. A segunda teria ocorrido nas acomodações do teatro Fênix. Assim, em 13 de outubro de 1944 nascia o Teatro Experimental do Negro. Com a fundação, veio o primeiro problema: onde funcionaria a nova companhia? Com a intermediação de um amigo, Aníbal Machado, conseguiu-se o empréstimo dos salões da União Nacional do Estudante (UNE), na praia do Flamengo (2).

O curso inaugural de teatro oferecido pelo grupo foi auspicioso. Com o tempo, a companhia teatral reunia mais de uma dezena de atores fixos. Diante da ausência de peças no país que retratasse dignamente a situação do afrobrasileiro, o TEN decidiu encenar *O imperador Jones*, peça de Eugene O’Neill, o consagrado dramaturgo modernista estadunidense. Sua estreia ocorreu no dia 8 de maio de 1945, no mais importante teatro carioca: o Teatro Municipal. Era a primeira vez que um negro pisava naquele palco interpretando a personagem principal de uma montagem do teatro moderno. O grupo só teria conseguido se apresentar naquele local por ordem do próprio presidente Getúlio Vargas.

A peça *O imperador Jones* foi a primeira de uma série de produções através das quais, por alguns anos, o TEN conse-

guiu agitar a cena teatral do Rio de Janeiro (3). Da década de 1940 a 1950, o grupo montou vários espetáculos, como o *Moleque sonhador*, do mesmo Eugene O'Neill, e *Calígula*, de Albert Camus. Em 1961, organizou e publicou a antologia *Dramas para negros e prólogos para brancos*, reunindo tanto as peças que foram escritas especialmente para o grupo quanto algumas outras que abordavam a vida do negro. A antologia incluía as peças *Anjo negro*, de Nelson Rodrigues, e *O emparedado*, de Tasso da Silveira (4).

Outras peças foram escritas a partir da experiência do TEN, ou seja, foram enredos produzidos com a finalidade de serem interpretados por um elenco negro. Entre eles, vale mencionar *Orfeu da Conceição*, de Vinicius de Moraes; *O cavalo e o santo*, de Augusto Boal; *O processo do*

Cristo negro, de Ariano Suassuna; *Pedro Mico*, de Antônio Callado; *Gimba*, de Gianfrancesco Guarnieri, e *Chico-Rei*, de Walmir Ayala. Devido à sua relativa representatividade, o TEN serviu de modelo para outros grupos. Em São Paulo, Geraldo Campos criou, em 1946, o equivalente do grupo carioca, adotando o mesmo nome (5). Em Porto Alegre, Heitor Nunes Fraga fundou um grupo de "Teatro do negro". Em Santa Catarina, também se cogitou a possibilidade de se fundar um grupo nos moldes do grupo carioca.

O TEN não se restringiu a desenvolver atividades artístico-culturais, adquirindo uma dimensão mais ampla de atuação no campo político, social e intelectual. Uma das primeiras atividades desenvolvidas pelo grupo foi o curso de alfabetização. Além de atacar o analfabetismo, um problema crônico na comunidade negra, o curso visava a oferecer condições mínimas para que as pessoas pudessem integrar



Ruth de Souza e Abdias do Nascimento em Otelo, no Festival Shakespeare. Teatro Fênix (RJ), 1949

o grupo teatral, afinal, havia a necessidade de saber ler para decorar e encenar as peças. Os inscitos eram, sobretudo, trabalhadores em posições subalternas, estudantes, funcionários públicos e empregadas domésticas.

Em 1948, o TEN iniciou a publicação de *Quilombo*, jornal que trazia um subtítulo bastante sugestivo: *Vida, problemas e aspirações do negro*. Funcionando como veículo de divulgação das ideias, dos sonhos e das expectativas do grupo, o periódico trouxe várias notas de aniversários, casamentos, formaturas e festas; destacou a participação do negro no esporte e nas artes (música, teatro, dança, literatura e cinema); estabeleceu intercâmbio com o "movimento associativo dos homens de cor", nacional e internacional; contou (e celebrou) a memória histórica dos grandes vultos de

origem afrobrasileira e, de forma polifônica, assumiu uma conotação político-ideológica. Nas páginas de *Quilombo*, outrossim compareceram denúncias de discriminação racial, como o caso de instituições beneficentes, casas de caridade e orfanatos que só atendiam pessoas de "cor branca" (6). Da mesma maneira, algumas instituições de ensino foram criticadas, pelo jornal, por não aceitarem a matrícula de estudantes negros.

Em 1949, ocorreu uma dissidência no TEN. Descontentes com o autoritarismo de Abdias do Nascimento e a orientação artística do grupo, Haroldo Costa e outros integrantes resolveram montar uma nova companhia teatral, denominada preliminarmente de Grupo dos Novos, em seguida, Teatro Folclórico Brasileiro (7). Nesse mesmo ano, o TEN criou o Instituto Nacional do Negro (INN), um departamento de estudo e pesquisa sob a coordenação do sociólogo

Guerreiro Ramos. Como o racismo gera problemas emocionais nas vítimas, como o do complexo de inferioridade, o INN criou os Seminários de Grupoterapia. A ideia era qualificar pessoas capazes de organizar grupos de teatro voltado para a cura dos complexos emocionais da “gente de cor” nos morros, terreiros e associações específicas, utilizando o psicodrama – um método terapêutico que produz efeitos catárticos no indivíduo.

Outra preocupação do TEN era dialogar com o mundo acadêmico, estabelecendo canais de interlocução com instituições de pesquisas, agências de fomento e intelectuais especializados nos estudos afrobrasileiros. A expectativa era de que o negro deixasse a condição de objeto e vislumbresse ser sujeito dinâmico desses estudos. Mais ainda: que as tradicionais abordagens fossem substituídas por pesquisas conectadas aos anseios de soluções concretas para o problema do negro. Nessa perspectiva, o TEN colaborou com a Convenção Nacional do Negro, em 1945-1946, e organizou a Conferência Nacional do Negro, em 1949, e o Primeiro Congresso do Negro Brasileiro, em 1950, reunindo intelectuais como Edson Carneiro, Darcy Ribeiro e Roger Bastide.

Ainda em 1950, Abdias do Nascimento, a principal liderança do TEN, lançou sua candidatura a vereador do Rio de Janeiro, pelo Partido Social Democrático (PSD). A incursão de Abdias na política partia do princípio de que a luta a favor da população negra também tinha que ser travada no campo político-institucional. No entanto, o projeto político de Abdias naufragou. Quando se aproximava a data das eleições, descobriu que o PSD havia transferido à revelia sua candidatura para a chapa de deputado federal. Abdias ficou inconformado e, após concluir que não teria chances de ser eleito, decidiu retirar a candidatura (8).

Aquela foi a fase mais importante do grupo, quando adquiriu sede própria, empenhou-se pela implantação do Museu do Negro, encenou algumas montagens nos grandes teatros do Rio de Janeiro e realizou concursos de beleza. Há informações de que, até aquela época, apenas mulheres brancas participavam dos concursos de *misses*. Para se opor a essa forma de discriminação racial, o TEN promoveu concursos de beleza com a participação exclusiva de mulheres de cor. Os concursos receberam o nome de Rainha das Mulatas e de Boneca de Pixe. Foram realizados cinco desses eventos. As primeiras colocadas chegaram a emular uma carreira artística, ao menos foi isso o que ocorreu

com Mercedes Batista, jovem dançarina aclamada Rainha das Mulatas de 1948. Com a intermediação do TEN, ela conseguiu, mais tarde, uma bolsa de estudos para fazer o curso de aperfeiçoamento de dança nos Estados Unidos e, quando regressou ao Brasil, criou o balé Mercedes Batista.

As mulheres não foram negligenciadas na trajetória do TEN. Arinda Serafim foi a principal liderança feminina. O jornal *Quilombo* reservava uma coluna específica intitulada “Fala mulher”, na qual a articulista, Maria Nascimento, procurava ser porta-voz dos anseios da mulher negra (9). Com posições avançadas, ela defendia que as “patrícias” deveriam sair candidatas aos cargos eletivos e, ao mesmo tempo, adotar o voto de “raça” e “gênero” nas eleições de 1950. Foi a partir daquele ano que o TEN colaborou na criação de duas organizações: a Associação das Empregadas Domésticas e o Conselho Nacional das Mulheres Negras. Esta última desenvolvia um trabalho educacional e assistencialista, ajudando a comunidade negra na resolução de problemas cotidianos ligados ao exercício da cidadania.

POLÊMICAS O TEN primou por protagonizar ações polêmicas, as quais tinham repercussão na imprensa. A finalidade era chamar a atenção da opinião pública para o problema do afrobrasileiro. Dentro desse espírito, em 1955, o grupo promoveu o concurso de artes plásticas que tinha como tema central “Cristo negro”. Os concorrentes teriam que, necessariamente, apresentar uma obra de arte em que fosse feita alusão a um Jesus Cristo negro. A intenção era questionar a representação convencional de Jesus Cristo: um branco de padrão estético eurocêntrico. Do ponto de vista da controvérsia, o concurso foi um sucesso (10). Cerca de cento e seis trabalhos foram inscritos, de pintura, escultura, desenho, entre outras linguagens artísticas. O vencedor foi Djanira, com a obra “Cristo na colina”, evocando um negro no pelourinho escravocrata.

Na década de 1950 o TEN deu os primeiros sinais de crise, não conseguindo montar os espetáculos com regularidade. Com pouco espaço na cena teatral carioca, o grupo resolveu se transferir para São Paulo. A estreia na capital paulista se deu com a remontagem de *O imperador Jones*, de Eugene O’Neill, no Teatro São Paulo. Na “pauliceia desvairada”, o grupo reivindicou receber uma subvenção por parte do governo municipal e estadual, mas não foi atendido (11). Sem a mesma força cultural de antes, a trupe regressou para o Rio de Janeiro. Após a instauração da ditadura militar,

em 1964, a crise foi intensificada. Apesar das dificuldades, ainda foi possível levar a cabo o projeto do Museu de Arte Negra. Em 1966, o Ministério das Relações Exteriores impediu o grupo de apresentar a peça *Além do Rio*, de Agostinho Olavo, no Primeiro Festival Mundial de Artes Negras de Dacar, no Senegal. A alegação foi de que o trabalho do TEN não era representativo da cultura brasileira. Abdias do Nascimento organizou protestos no país e denunciou o fato para a Unesco e para o presidente do Senegal. No entanto, tudo foi em vão.

A precariedade financeira, os problemas internos do próprio TEN, a ausência de apoio institucional, o personalismo e o autoritarismo de sua maior liderança, a falta de respaldo político e cultural quer da comunidade negra quer da sociedade mais abrangente – incluindo, evidentemente, a da classe artística – foram fatores que levaram ao esvaziamento e à debilitação do grupo. Diante de um TEN moribundo, a ditadura militar, com sua carga de repressão e patrulhamento político-ideológico, não teve maiores dificuldades de preparar o terreno que impulsionou o golpe letal. Qualquer movimento em defesa dos negros passou a ser visto com desconfiança. Como resultado, o grupo foi praticamente extinto. Em 1968, Abdias do Nascimento partiu para o autoexílio nos EUA, semanas antes do anúncio do Ato Institucional nº. 5.

O TEN procurou inovar a cena teatral sob vários aspectos. Além de abrir espaço para o ator negro no teatro brasileiro, engendrou a proposta de produzir uma dramaturgia centrada na cultura e nos problemas dos afrobrasileiros (12). O projeto era arrojado: afirmar o negro como ator, diretor e por vezes autor. O grupo não só conseguiu colocar no palco da discussão a postura dos artistas, autores, diretores e empresários teatrais brancos, como ainda procurou sensibilizar alguns críticos e formadores da opinião pública de um modo geral. A trupe foi a responsável por revelar talentos como Ruth de Souza, Lea Garcia, José Maria Monteiro, Claudiano Filho e Haroldo Costa que, sem o TEN, dificilmente teriam ingressado na carreira artística.

Colocando a arte a serviço do movimento de valorização política, social, cultural, intelectual e moral da população negra, o TEN insurgiu-se contra o silêncio que pairava no país em torno das questões e reivindicações desse segmento populacional e, em alguns momentos, o grupo pauteou na imprensa e na agenda nacional o debate sobre o racismo à brasileira.

Petrônio Domingues é doutor em história pela Universidade de São Paulo (USP), professor adjunto do Departamento de História da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Email: pjdomingues@yahoo.com.br

NOTAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Quilombo*. Rio de Janeiro, 12/1948, p. 1.
2. Nascimento, Abdias. “Teatro negro no Brasil: uma experiência sócio-racial”. In: *Revista Civilização Brasileira* (Caderno Especial). Rio de Janeiro, no. 2, pp.193-211. 1968.
3. Müller, Ricardo Gaspar. “Identidade e cidadania: o Teatro Experimental do Negro”. In: *Dionysos* (Edição especial sobre o Teatro Experimental do Negro). Rio de Janeiro, MinC/Fundacen, no.28, pp.11-52. 1988.
4. Nascimento, Abdias (org.). *Drama para negros, prólogo para brancos*. Rio de Janeiro, Teatro Experimental do Negro, 1961.
5. Douxami, Christine. “Teatro negro: a realidade de um sonho sem sono”. In: *Afro-Ásia*. Centro de Estudos Afro-Orientais (UFBA), 25-26, pp.313-363. 2001.
6. *Quilombo*. Rio de Janeiro, 06-07/1950, p.8.
7. Costa, Haroldo. “As origens do Brasileira”. In: *Dionysos* (Edição especial sobre o Teatro Experimental do Negro). Rio de Janeiro, MinC/Fundacen, no.28, pp.139-143. 1988.
8. Pinto, Luiz de Aguiar Costa. *O negro no Rio de Janeiro: relações de raças numa sociedade em mudança*. Rio de Janeiro, Ed. UFRJ, p.250.1998.
9. *Quilombo*. Rio de Janeiro, 05/1949, p. 8.
10. *Jornal do Brasil*. Rio de Janeiro, 26/06/1955.
11. *Diário da Noite*. São Paulo, 13/04/ 1953.
12. Martins, Ieda Maria. *A cena em sombras*. São Paulo, Ed. Perspectiva. 1995.



Cidade do Samba (à esq.) e
(à dir.) menino desfila na Sapucaí
em escola mirim da Inocentes
da Caprichosos

PATRIMÔNIO HISTÓRICO

RIO, CAPITAL DO SAMBA

Com muita frequência, a força de um gênero musical pode acabar impregnando a identidade de um lugar, um povo ou um país. Basta ouvir um fado de Amália Rodrigues ou Dulce Pontes e já estaremos pensando em Portugal; um tango cantado por Carlos Gardel ou nos acordes de Astor Piazzola, e Buenos Aires aparecerá frente aos nossos olhos; sem esquecer jamais do calor de Nova Orleans na voz de seus mestres que tocam o coração de amantes do jazz em todo planeta. Pois este é o espaço que o samba do Rio de Janeiro quer ocupar no imaginário de seus habitantes e dos milhares de turistas que visitam a cidade.

Se o samba nasceu ali, isto ainda é motivo de discussões entre especia-

listas, mas não há dúvida sobre onde ele decidiu morar: no Rio de Janeiro. Em processo semelhante a tantas outras capitais musicais, o Rio se consolidou como o principal destino para quem deseja ver, ouvir, cantar e dançar samba. Terra de Noel Rosa, Cartola, Paulo da Portela, Zé Kéti, Paulinho da Viola, Bete Carvalho, Zeca Pagodinho e tantos outros, o samba se reinventa com novas influências, compositores e intérpretes, se mantém vivo e conquistando admiradores em todas as classes sociais. “Nenhuma manifestação cultural, hoje, reflete tão bem o espírito desta cidade quanto o samba”, conta o jornalista Luiz Fernando Vianna, no livro *Geografia carioca do samba* (2004). Além das praias, da paisagem

exuberante, do Cristo Redentor e do Carnaval, o Rio de Janeiro se firma como capital desse gênero musical, atraindo turistas de dentro e de fora do país, durante o ano inteiro.

“A cidade vive um clima de samba como há muito não se via. E não é só na música, no teatro, em espetáculos como *Sassaricando – e o Rio inventou a marchinha*, na literatura com biografias de Vinicius de Moraes, Gonzaguinha e outros”, conta José Augusto Kamel, que coordena o Laboratório de Engenharia do Entretenimento na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A peça *Sassaricando* (2007) teve roteiro assinado pelo jornalista e pesquisador musical Sérgio Cabral e pela historiadora Rosa Maria Araújo, posteriormente virou CD e DVD. O musical incluiu mais de cem composições de Noel Rosa, Lamartine Babo, Braguinha e outros. No texto de apresentação do DVD, Cabral explica que poucas



Bloco das Carmelitas (à esq.) e Simpatia é Quase Amor (à dir.): blocos arrastam multidões pelas ruas cariocas gratuitamente

manifestações refletem com tanta exatidão a criatividade do compositor do Rio e o espírito carioca quanto as marchinhas. “São músicas que, ao mesmo tempo em que nos remetem a carnavais inesquecíveis, conservam o frescor e encantam crianças de todas as idades. Em outras palavras, são eternas”, escreve.

SAMBA DE MESA Para Kamel, além da efervescência do Carnaval, existe hoje um forte movimento do samba de mesa nos bares cariocas. “Na Lapa são incontáveis os estabelecimentos com programação semanal intensa”, conta. Ao se tornar a principal atração das diversas casas de show e bares que se instalaram na Lapa a partir dos anos 1990, o samba também foi um dos responsáveis pela revitalização do bairro. A intensa movimentação cultural e noturna que caracteriza a Lapa, atualmente, acabou por recuperar uma tradição antiga do bairro que, nas décadas

de 1930 e 1940, já era um reduto da boemia carioca. “Os resultados mais claros dessa nova onda foram a redescoberta da Lapa pela cidade; o aparecimento de uma classe média interessada em cantar, tocar e escutar samba; e a oportunidade de valorização de compositores do passado e de sambistas que mantêm essa tradição”, conta Luiz Fernando Vianna no livro citado acima.

IDENTIDADE POR MEIO DA MÚSICA No século XIX, da fusão dos *spirituals* cantados pelos escravos com a música europeia trazida pelos imigrantes para os Estados Unidos, nasce o jazz, gênero musical que tem como marca a improvisação. Nova Orleans é considerada o berço do gênero. Foi a partir dali, pelo talento de músicos como Buddy Bolden e Louis Armstrong, que o jazz se difundiu para outras cidades norte-americanas. Fenômeno semelhante aconteceu em Buenos Aires, capital da

Argentina, cuja marca musical é o tango. O ritmo nasceu como uma mistura das músicas dos imigrantes italianos e espanhóis que chegaram à Argentina no final do século XIX com a dos descendentes dos conquistadores espanhóis que já habitavam os pampas.

Assim como o samba e o jazz, o tango também era, em seu início, a expressão musical das populações mais pobres que moravam nos subúrbios de Buenos Aires. A dança era típica dos bordéis e tinha letras obscenas e violentas. Em artigo publicado na revista *Mana* (1997), do Museu Nacional, Rio de Janeiro, Eduardo Archetti, professor de antropologia social da Universidade de Oslo, Noruega, explica que a globalização do tango serviu para inventar uma “tradição”, um espelho no qual os argentinos podiam se identificar, precisamente porque ali os “outros” começaram a vê-los. “A narrativa, a dança e a música, que formavam as diferentes faces



Sob os Arcos da Lapa, o samba tem presença marcante na programação semanal dos inúmeros bares

do tango, tornaram-se um elemento-chave na criação de um produto cultural argentino 'típico', disse o antropólogo. Levado para a cosmopolita Paris do início do século XX,

ESCOLAS DE SAMBA FAZENDO ESCOLA

Diariamente no Barracão 1 da Cidade do Samba 160 aprendizes, a maior parte deles de comunidades de baixa renda, participam de oficinas profissionalizantes com temas ligados à indústria do carnaval e ao setor administrativo das fábricas de alegorias. A escola foi organizada pela Liga Independente das Escolas de Samba do Rio de Janeiro, Liesa, com apoio do Ministério do Turismo. São 21 cursos com duração média de quatro meses. Aulas de escultura (em isopor, espuma, gesso e resina), adereços, maquiagem, corte e costura e figurinos estão entre as oficinas oferecidas.

o tango virou febre, se espalhando para o resto do mundo, atraindo turistas para a capital portenha e tornando mundialmente conhecidos nomes como Carlos Gardel e Astor Piazzolla. No mesmo sentido, Kamel, da UFRJ, acredita que o desenvolvimento de um gênero musical é determinado, entre outros fatores, por uma demanda social em relação a formas de entretenimento como expressão da identidade de um povo, nação ou etnia. “Os interesses econômicos mantêm essa oferta musical gerando investimentos que, por sua vez, criam outros produtos”, afirma. Investidores podem vir do setor privado, como no caso do bairro da Lapa, ou do poder público cujos esforços atualmente também buscam fortalecer a imagem do Rio de Janeiro como capital do samba.

CARNAVAL O ANO INTEIRO Destaca-se, nesse sentido, a criação da Cidade do Samba, complexo com 92 mil metros quadrados que concentra as atividades de preparação do Carnaval carioca, além de abrigar desfiles e shows ao longo do ano. O programa de visitação tem ingressos a preços populares (R\$ 5 a entrada inteira). Segundo a Secretaria da Cultura da cidade do Rio, foram investidos R\$ 65 milhões, financiados pela prefeitura. O lugar, inaugurado em 2005, tornou-se um novo ícone do samba, contribuindo para o fluxo permanente de turistas, movimentando a

rede hoteleira e os serviços ligados ao turismo mesmo nos meses fora da alta temporada.

A Cidade do Samba fica no bairro da Gamboa, área portuária da cidade. O local foi escolhido por ser próximo do centro da cidade, facilitando o deslocamento das alegorias até o Sambódromo. Possui 14 galpões para montagem dos carros alegóricos e confecção de fantasias. Sua construção foi parte de um programa de revitalização da região. Como em outras cidades, a área portuária carioca vivia um processo de degradação desde a década de 1960, provocada pela obsolescência do porto e o esvaziamento dos bairros vizinhos. “Pensando na indústria do entretenimento, a Cidade do Samba pode alavancar toda a estrutura que comporta o Carnaval e o samba, desenvolvendo novos meios e aprimorando novas linguagens, como a da televisão”, acredita Kamel.

ALÉM DO TURISTA Há muito samba no Rio de Janeiro fora da Marquês de Sapucaí, onde reinam as grandes escolas. Durante o Carnaval boa parte dos bairros da cidade é tomada por blocos de rua que desfilam em cortejos animados pelas ruas, onde qualquer um pode participar. Desde 2009, o governo local, por meio de sua área de cultura, passou a apoiar esses grupos com o lançamento de editais. Segundo José Emílio Rondeau, assessor da Secretaria de Cultura, o objetivo é fomentar o samba popular fluminense. O primeiro edital contemplou 112 agremiações com R\$ 600 mil. Para 2011 a previsão é conceder R\$ 800 mil, montante que é distribuído entre: blocos de

enredo e de embalo, afoxés, ranchos, escolas de samba mirins, escolas do interior e bandas. “Os editais são importantes para preservar e estimular o carnaval de rua, do subúrbio e do interior do estado. Eles contemplam escolas de samba do terceiro e quarto grupos e escolas de samba mirins, agremiações que não fazem parte da Liesa, a liga das escolas de samba que se apresentam no Sambódromo”, detalha Rondeau.

MIS EM COPACABANA A preocupação com a preservação e divulgação do gênero que já é marca da cidade está, também, no novo Museu da Imagem e do Som (MIS), que está sendo construído na Av. Atlântica, em Copacabana. “Embora seja mundialmente conhecida como a capital do samba, não há na cidade do Rio de Janeiro um espaço de memória dedicado a este gênero musical nem ao Carnaval carioca”, explica Rachel Valença, consultora do projeto orçado em R\$ 70 milhões, a serem divididos entre o governo do estado e a Fundação Roberto Marinho. “A intenção é estabelecer no MIS um espaço de visitação e um espaço de pesquisa para especialistas, aqueles que desejam consultar livros, gravações, documentos etc”, conta Rachel. Segundo ela, todo o acervo do MIS já foi examinado para determinar, nas diversas mídias, os documentos pertinentes ao tema: gravações de música em discos (78 rpm e LP), em fitas (de rolo e cassete), gravações de preciosos depoimentos, documentos, fotografias, filmes. “A partir daí, iniciaram-se os estudos para a criação da museografia, ou seja, da forma como o tema será apresentado ao

visitante na exposição permanente”, explica a consultora. “Esses estudos ainda estão em andamento, mas é certo que se procurará fazer uso de toda a tecnologia que estimula o visitante de museu do século XXI à interatividade, sem, no entanto, ferir os valores tradicionais e sempre com a preocupação em se valorizar o passado e o modo de criação peculiar ao samba”, afirma ela. O novo prédio, com projeto arrojado do arquiteto norte-americano Diller Scofidio, receberá ainda todo o acervo do atual Museu Carmen Miranda. A previsão é de que o museu seja inaugurado em 2012, podendo, assim, ser visitado pelos turistas que vêm para o Rio assistir a Copa do Mundo de 2014.

A VOZ DO MORRO, SIM SENHOR! “O Rio de Janeiro tem um potencial para se firmar como uma cultura diferenciada porque o samba que se faz aqui é único, não é igual ao de lugar nenhum”, defende Kamel. “Todos esses investimentos devem fortalecer os elos históricos desse gênero musical e potencializar o samba produzido nas comunidades fluminenses, escolas de samba, pelos pagodeiros e sambistas dos botequins, criando oportunidades e ampliando o leque de novos produtos para o público”, finaliza o pesquisador. Era o que já sabia o sambista Zé Keti (1921-1999) quando escreveu na letra de *A voz do morro*: “Eu sou o samba, sou natural aqui do Rio de Janeiro, sou eu que levo a alegria para milhões de corações brasileiros”. E, ao que parece, essa alegria quer contagiar o resto do mundo.

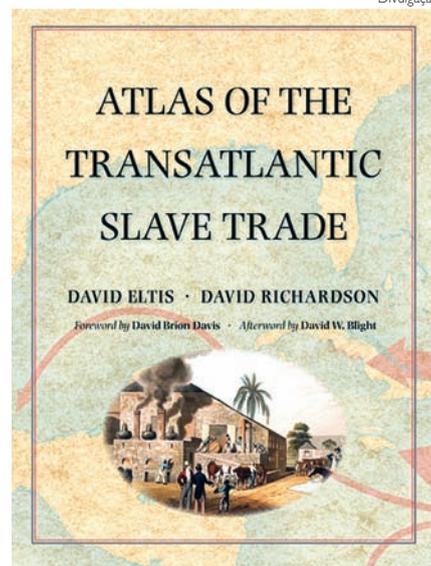
Patrícia Mariuzzo

HISTÓRIA

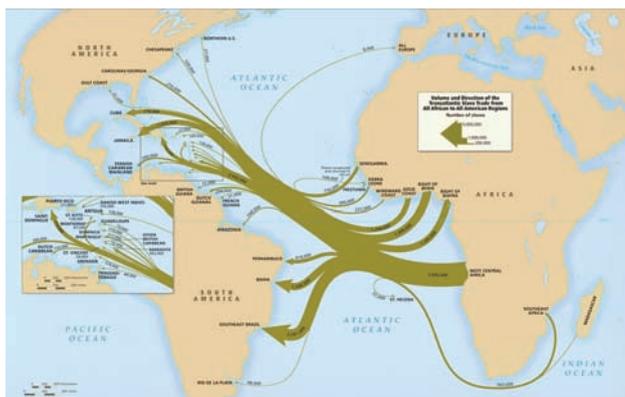
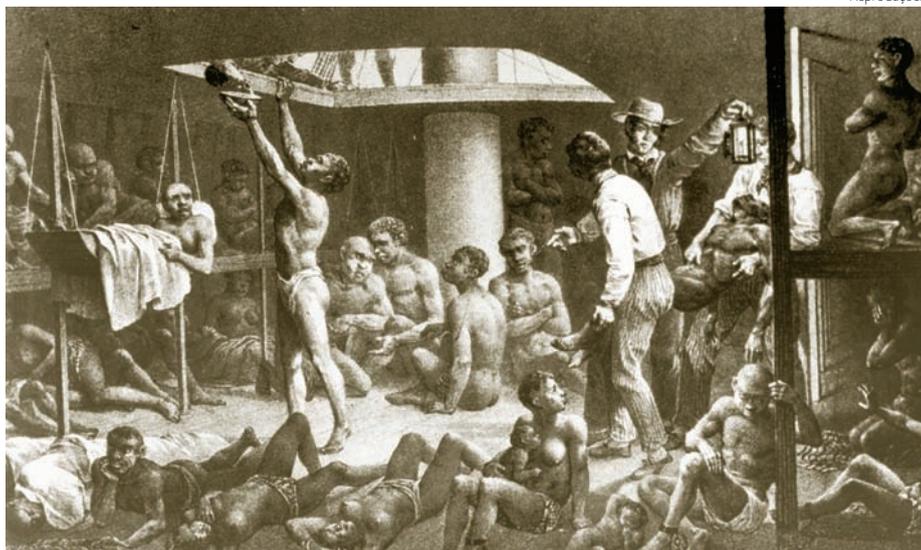
ATLAS DO COMÉRCIO TRANSATLÂNTICO DE ESCRAVOS

No dia 4 de agosto de 1816 o navio Pastora de Lima deixou o porto do Rio de Janeiro. O destino do capitão Manoel José Dias e sua tripulação era Moçambique, na África. O motivo da viagem: comprar escravos. Em terras africanas embarcaram 404 escravos, mas chegaram ao Brasil, 290. Morreram durante a travessia do Atlântico 114 homens, mulheres e crianças. Desde a saída do Rio de Janeiro, até o retorno do Pastora, em 16 de janeiro de 1817, na Bahia, foram 165 dias de viagem. Os dados acima se referem a uma dentre as mais de 35

Divulgação



Atlas traz mapas inéditos sobre comércio de escravos na América



(Acima) *Navio negroiro de Rugendas, 1830.* (Ao lado) Mapa indica volume e direção do comércio de escravos. Ao longo de 350 anos cerca de 12,5 milhões de pessoas foram retiradas à força da África. Caribe e América do Sul receberam 95% dos escravos que chegaram às Américas

mil viagens que ocorreram de 1501 a 1867, para o tráfico de escravos. Desde o ano passado, pesquisadores, estudantes e curiosos têm uma nova fonte de estudos sobre esse comércio que perdurou durante 350 anos entre África, Europa e o Novo Mundo. Trata-se do *Atlas of the Transatlantic Slave Trade*, publicado em outubro de 2010 (Universidade de Yale) e que reúne, pela primeira vez, 200 mapas sobre o comércio transatlântico de escravos. A estimativa é que, ao longo de 350 anos, tenham sido retirados da África 12,5 milhões de pessoas, em uma das maiores migrações forçadas da história.

O *Atlas do Comércio Transatlântico de Escravos* foi organizado pelos historiadores David Eltis, da Universidade de Emory, Estados Unidos, e David Richardson, da Universidade de Hull, Inglaterra. Eltis também é coordenador do *Electronic Slave Trade Database Project*, portal na internet com informações sobre o comércio de escravos e que deu origem ao livro. “A principal motivação para organizar o *Atlas* foi nossa percepção de que a tela do computador não tem resolução de qualidade para o que queremos mostrar”, conta. O site tem apenas nove mapas. Segundo ele, seria necessário um grande es-

forço de programação computacional para mostrar os três elementos de uma viagem de comércio de escravos no mesmo mapa: onde as viagens foram organizadas, qual seu destino no continente africano e onde os escravos desembarcaram nas Américas. “Estes três elementos podem ser vistos em conjunto nos mapas das partes dois, três e cinco do *Atlas*. No site eles não podem ser configurados dessa maneira”, explica Eltis.

AÇÚCAR, CAFÉ E ESCRAVOS Entre as informações contidas nos mapas estão as principais rotas usadas pelos navios, os portos envolvidos no comércio, lugares onde as viagens eram organizadas, que regiões eram fornecedoras de escravos, os principais locais de desembarque, entre outras. O Caribe e a América do Sul receberam 95% dos escravos que chegaram às Américas. Menos de 4% desembarcaram na América do Norte e apenas pouco mais de 10 mil na Europa. “De fato, o Brasil recebeu quase a metade dos 11 milhões de escravos desembarcados nas Américas. Portos brasileiros eram, por vezes, pontos de reembarque de africanos escravizados para o Rio da Prata e, no século XIX, inclusive para o Caribe”, conta Manolo Florentino, professor de história da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). “Sabemos hoje que, além do trabalho voltado para o mercado exterior (com açúcar, café, ouro etc), boa parte dos escravos africanos era empregada em atividades do mercado interno, para o serviço doméstico e para o ganho nas cidades”, complementa. Os escravos de ganho eram aqueles que realizavam tarefas remuneradas, en-

tregando ao senhor uma cota diária do pagamento. Muitos guardavam dinheiro para pagar sua alforria.

O Brasil foi, portanto, o centro do comércio de escravos no Império português, tanto antes como depois da independência brasileira, em 1822. Os portos do Rio de Janeiro e da Bahia enviaram mais viagens de escravos do que qualquer outro porto da Europa e, certamente, muitas vezes mais do que Lisboa. Já a América do Norte teve um papel menor no comércio transatlântico. Seus portos enviaram menos de 5% de todas as viagens e seu mercado absorveu menos do que 5% de todos os escravos trazidos da África. Entretanto, um comércio interno de escravos na América do Norte, originário do Caribe, supriu a América do Norte de escravos. As empresas negreiras eram altamente sofisticadas do ponto de vista empresarial, trabalhavam com altíssimas taxas de lucro – cerca de 20% líquidos por viagem. “Os traficantes pertenciam à elite mercantil colonial. Eram homens ricos e poderosos”, aponta Florentino. “Somente a partir de 1850 começa a ocorrer certa estigmatização daqueles que haviam se dedicado ao infame comércio, antes absolutamente legitimado pela sociedade e cultura coloniais”, diz ele.

A DURA TRAVESSIA A parte IV do *Atlas* trata dos índices de mortalidade de escravos nos navios negreiros. “As condições a bordo eram muito piores do que nos navios de imigrantes”, aponta David Eltis. Florentino salienta que esses índices estão ligados à distância entre o porto africano de embarque e o porto americano de desembarque de escravos. “Tenden-

cialmente, as taxas de mortalidade oceânica baixaram entre os séculos XVI e XIX, de maneira que no Oitocentos não passavam de uma média de 13% a 15% por viagem”, conta o professor da UFRJ que também é autor do livro *Em costas negras: uma história do tráfico de escravos entre África e Rio de Janeiro* (Companhia das Letras, 1997). Segundo ele, no interior dos navios, o que mais matava os negros escravizados eram a varíola e a disenteria, além de carências de alimentação e no suprimento de água. No registro de mortes aparecem, ainda, ocorrências como nascimentos durante a viagem e umas poucas revoltas de escravos.

A UFRJ é parceira do projeto de construção de um banco de dados sobre o comércio de escravos disponível em <http://www.slavevoyages.org>. Desde 2000, Florentino coordena uma equipe que busca, em arquivos nacionais, registros alfandegários, dentre outros, das entradas de navios negreiros vindos diretamente da África para o Brasil entre 1500 e fins do século XIX. Essas informações ajudaram a alimentar o *Transatlantic Slave Trade Database*, culminando na organização do *Atlas*. “A publicação é de suma importância, sobretudo porque o *Atlas* oferece cifras seguras sobre exportações africanas e importações americanas de escravos, por época, locais de embarque e locais de desembarque. A partir de fontes desse tipo, podemos estabelecer com grande acuidade as rotas que, afinal, nas palavras de Gilberto Freyre, propiciaram a civilização do Brasil pela África”, finaliza Florentino.

Patrícia Mariuzzo

DIVULGAÇÃO

GRUPO APOSTA NO RELANÇAMENTO DA COLEÇÃO “OS CIENTISTAS”

Muitos pesquisadores na casa dos 40 anos devem o despertar de seu interesse científico a uma coleção lançada no início da década de 1970. Eram pequenas caixas de isopor contendo microscópios, balanças e kits de química que, com o auxílio de manuais, guiavam a curiosidade infantil pelos terrenos da história da ciência e de seus maiores representantes. O físico e matemático Georg Simon Ohm (1789-1854), os químicos e físicos Robert Boyle (1627-1691) e John Dalton (1766-1844), além de muitos outros – 50 expoentes da ciência, no total –, invadiam, mensalmente, as bancas de jornal em todo o país, para alegria das crianças e desespero econômico dos pais (a inflação galopante, na época, fez com que os preços dos kits variassem enormemente entre o primeiro e o último fascículo).

Agora uma equipe coordenada por Moysés Nussenzvieg, pesquisador da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e que conta com a colaboração de nomes de peso como Mayana Zatz, Myriam Krasilchik, Eliana Dessen, Beatriz Barbuy, Henrique Toma, Eliana Dessen e Vanderlei Bagnato, além de Isaías Raw – que, junto com



Coleção "Os cientistas" lançada no início dos anos 1970 com o objetivo de popularizar a biografia de cientistas e a área da ciência em que atuavam

Nussenzvieg, foi um dos idealizadores da primeira versão da coleção –, trabalha para relançar “Os cientistas” nos próximos anos. O trabalho é complexo e longo, pois, além de testar os kits e viabilizar a produção em larga escala, os pesquisadores precisam conseguir apoio financeiro para a empreitada.

“Muitos pesquisadores já vieram me dizer o quanto a coleção foi importante para o início da carreira deles”, diz Raw, pesquisador do Instituto Butantã, em São Paulo. “A ideia dos kits era fazer com que as crianças e adolescentes pusessem a ‘mão na massa’, que descobrissem o prazer de pesquisar. Para ser cientista, precisa disso, de experiência, de ver o que acontece, deduzir e querer saber mais”, completa.

OS PRIMEIROS KITS A coleção “Os cientistas” original foi uma iniciativa de um grupo de pesquisadores ligados à Fundação Brasileira para o Desenvolvimento de Ensino de Ciências (Funbec), órgão ligado à Universidade de São Paulo e que, em parceria com a Editora Abril – cujo aporte financeiro e canais de distribuição foram importantes para a popularização dos kits –, tornou o projeto possível. Os kits originais eram compostos por um livro (com informações históricas e orientações para fazer os experimentos) e pelos equipamentos necessários para executar os experimentos propostos: microscópios, lunetas, pipetas e outros diversos instrumentos eram versões simplificadas, porém funcionais, dos similares profissionais, usados nos

laboratórios dos institutos de pesquisa do país.

“A nova coleção pretende manter essa formatação – inclusive, aproveitando diversos instrumentos desenvolvidos naquela época, cujos moldes ainda temos – mas ampliar as experiências, aproveitando as novas tecnologias, como a internet”, explica Nussenzvieg. O único porém é quanto ao número de fascículos, que deve ficar em torno de 15 a 20 na primeira fase. “Estamos homologando os kits junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro)”, diz Nussenzvieg. “Um dos primeiros kits da nova fase, sobre óptica, está sendo testado em São Carlos”, explica.

Quem está cuidando desses testes é Vanderlei Bagnato, pesquisador da USP de São Carlos. “Estamos testando os kits com diversos públicos: crianças e adolescentes, alunos de graduação e professores de ciências”. E os resultados são para lá de animadores. Os adolescentes foram divididos em dois grupos: aqueles que tinham noções teóricas dos experimentos e aqueles que sabiam pouco



Kits científicos da nova coleção deverão ser testados para viabilizar a produção em larga escala e a segurança dos usuários

ou nada sobre o assunto. “Entre aqueles que não tinham formação teórica anterior, observamos resultados tão positivos quanto os outros grupos, ou seja, eles acabaram fazendo deduções com base na observação e experimentação”, afirma Bagnato. “Com isso, é possível que eles venham a entender muito melhor a teoria por trás daquilo”, se anima o pesquisador. “Essa é uma das ideias da coleção: que eles proporcionem a autonomia do conhecimento”, completa Nussenzvieg.

Além dos alunos do ensino médio, os alunos de graduação (licenciatura em física) e os professores envolvidos em treinamentos por educação a distância (EAD) também estão testando os kits. “Os professores também poderão se beneficiar da coleção, pois terão uma ferramenta de diálogo com os alunos”, afirma Bagnato.

Outro desafio imposto pela equipe responsável por “Os cientistas” é o custo da coleção. “Isso é importante. Queremos que seja acessível a todos, que chegue a todas as crianças. Por isso, estamos em contato com o Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério da Educação, com o Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) e com parceiros da iniciativa privada que se interessem pelo projeto. A ideia é formar os futuros profissionais que trabalhem com a inovação na ciência. Outra coisa é que o projeto possa ser difundido em outros países, que atinja outros públicos”, planeja Nussenzvieg.

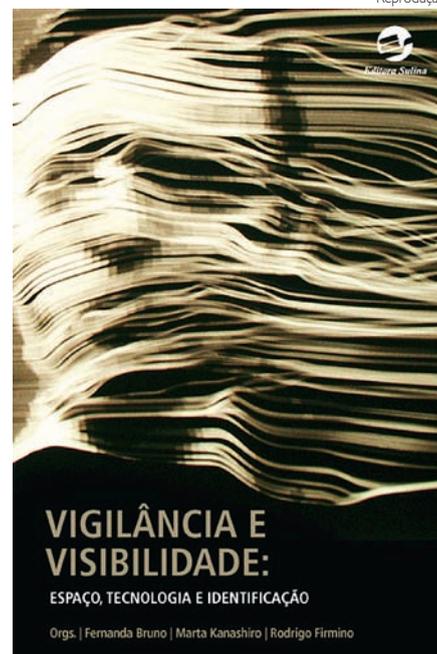
Enio Rodrigo Barbosa

RESENHA

PARA UMA GERAÇÃO PÓS- *BLADE RUNNER* [2010: MUITO ALÉM DA FICÇÃO]

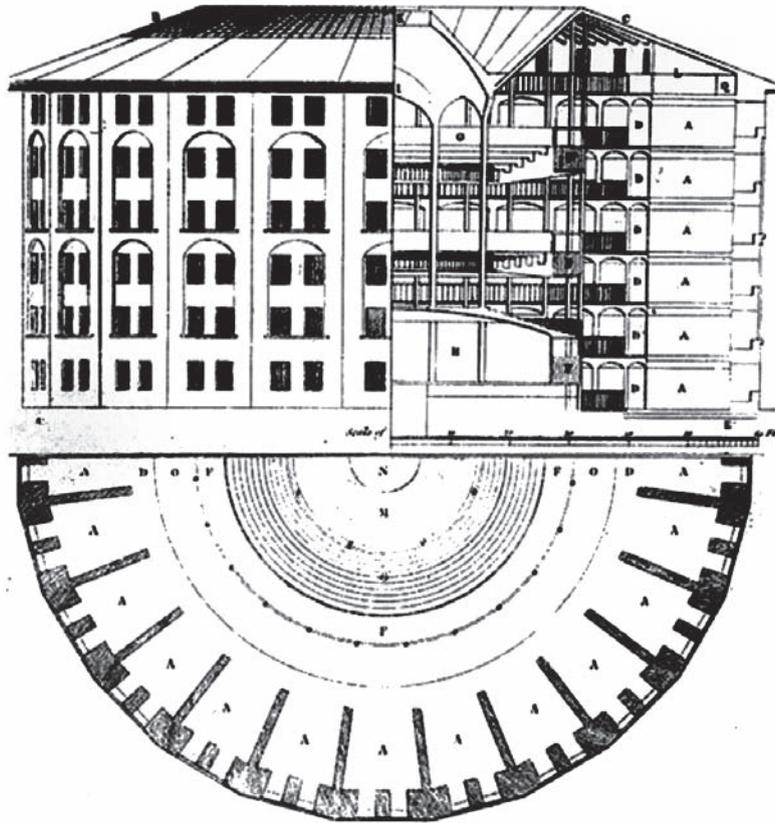
As obras de Philip K. Dick (1928-1982), que serviram de base para os filmes *Blade Runner* e *Minority Report*, projetavam para o futuro um estado de vigilância e visibilidade total. Nessas ficções, as íris dos olhos são escaneadas e, assim, mostram (ou carregam sempre consigo) todos os dados de cada pessoa, previamente cadastrada. Tanto em *Blade Runner*, que trata de 2019, portanto agora um futuro bem próximo, como na sociedade de 2054, projetada em *Minority Report*, estão colocadas essas questões contemporâneas, possíveis a partir de um sistema que permite armazenar todo tipo de informações, com inúmeras possibilidades de uso, desde seu rastreamento até o cruzamento com outras bases de dados.

A leitura da íris como forma de identificação de um indivíduo (e seu percurso de vida), no *cult* de Ridley Scott de 1982, e os *scanners* móveis na superprodução de Steven Spielberg em 2002, ainda tinham muito de ficção na ocasião em que foram produzidos. Porém, hoje é realidade, como demonstra o livro *Vigilância e visibilidade – espaço, tecnologia e identificação*,



recém-lançado pela editora Sulina sob o selo “Cibercultura”. A obra reúne 17 autores, em 13 artigos, numa reflexão sobre o estado de controle social (e digital) desta primeira década do século XXI, que já está além do mundo ficcional.

O *Big Brother* de Orwell, baseado na ideia de uma entidade única e suprema de controle, é “pura ficção” e vem sendo superado pelas tecnologias atuais em rede. Na esteira do Panóptico de Bentham – modelo arquitetônico para a formação de sociedades disciplinares, que foi metaforicamente apropriado por Foucault quase dois séculos depois – temos desde a instalação de câmeras de vigilância, a participação ativa na internet (por meio de redes sociais como Orkut, Facebook, Twitter e demais plataformas), os rastros deixados por nossos cartões de crédito, telefones celulares, GPS (sistema de posicionamento via satélites), RFID (chip de identificação por rádio fre-



Panóptico de Bentham: modelo arquitetônico para formar sociedades disciplinares

quência) até informações biométricas, como uma ficção que se insere na realidade cotidiana. Um aficcionado por tecnologia pode, com seu celular multimídia, filmar ambientes por onde passa e armazenar tais dados, assim como compartilhar sua vida (e a de outros) em plataformas de relacionamento social, e ainda carrega consigo um *smartcard* (como um cartão bancário, por exemplo). No Brasil, para poder ter um simples *sim card* (chip de telefonia móvel), é necessário fornecer inúmeras identificações pessoais; já os passaportes europeus possuem RFID, assim como na entrada de alguns escritórios ou fronteiras, o reconhecimento do indivíduo via leitores biométricos e os de iris é uma realidade. Informações digitalizadas montam importantes bancos de dados que se retroalimentam, independente-

mente de estarmos em uma esfera privada ou pública. Organizado por Fernanda Bruno, Marta Kanashiro e Rodrigo Firmino, o livro traz, em suas 296 páginas, ensaios demonstrando como a vigilância adere cotidianamente a nossas vidas e não é mais assunto somente de filmes de ficção (e suas teorias da conspiração), analisando casos atuais em diferentes territórios latinoamericanos e suas fronteiras. Desde câmeras de vigilância no espaço público urbano (e estas aliadas a “jogos – e discursos – participativos” online) a “sensores e tecnologias que monitoram o espaço físico e o informacional”, o conjunto dos artigos analisa o que se convencionou chamar de “regime de visibilidade”, que “consiste não tanto no que é visto, mas no que torna possível o que se vê”, segundo os

organizadores da edição. Assim, para muito além da paranoia pura e simplesmente, há a possibilidade real do controle dos indivíduos em situações de regimes autoritários (como, por exemplo, atesta o histórico de Portugal e a emenda em sua Constituição após a ditadura de Salazar; apontado no artigo de Danilo Doneda e Marta Kanashiro). É também interessante notar o discurso de transparência e cidadania em que se baseiam atuais governos, como o brasileiro, independentemente de escolha partidária. Um país, com tão pouca história de democracia, aposta em tecnologias de cadastramento da população configurando-se, portanto, em uma arte de governar de linhagem biopolítica (para utilizar um termo foucaultiano, complementar a seus estudos da sociedade disciplinar em diálogo com a “sociedade de controle” afirmada por Deleuze). Certamente é necessário a um país com cerca de 190 milhões de pessoas, em um território que ocupa aproximadamente nove milhões de quilômetros quadrados, organizar seus indivíduos para poder gerir o espaço e suas leis para benefício do próprio cidadão. Mas o poderoso banco de dados que será formado com um número de identidade única (descrito por David Murakami Wood e Rodrigo Firmino) atesta bem em que poderia se configurar tamanho cadastramento em “mãos erradas” de tal vigilância. A partir da experiência mexicana, descrita e analisada por Nelson Artega Botello, na primeira parte do livro, como da brasileira aqui anteriormente citada, averigua-se a relação de “ci-

dadania” em processos socioeconômicos, culturais e tecnológicos que mesclam a “inclusão” e a vigilância. A segunda parte aprofunda o tema das tecnologias de comunicação. André Lemos revela um interessante aprofundamento, e esclarecimento, sobre a diferenciação dos termos “controle, monitoramento e vigilância informacionais”, ao analisar as chamadas “mídias locativas” (termo este criado por artistas, em 2003, ao utilizarem em percursos críticos e não-comerciais os dispositivos móveis, as “redes telemáticas sem fio ... e sensores”). E quanto a ser convidado a um jogo de vigilância!? Em um público cada vez mais acostumado a *reality shows* televisivos – como bem elaborado em texto por David Lyon, um dos principais pesquisadores de *surveillance*, a questão do sinóptico

(desde Bauman e Mathiesen) é novamente apontada como um avesso do panóptico. Textos como de Fernanda Bruno e Hille Koskela descrevem sites interativos e/ou governamentais com câmeras de vigilância e mapas na rede preocupados em observar e apontar o que acontece nas ruas de seu bairro (e cidade) ou em específicas fronteiras de seu país. Uma espécie de vigilância participativa, como é tratado no artigo “a atividade de observação sistemática e focalizada de indivíduos, populações ou informações relativas a eles, tendo em vista extrair conhecimento e intervir sobre os mesmos, de modo a governar suas condutas ou subjetividades” a partir de categorizações e engajamentos. Assim, o livro traz parte da discussão apresentada – e da rede de pes-

quisa recém-formada – no primeiro simpósio sobre vigilância no Brasil (2009) e pretende ser um início de uma discussão mais acurada sobre a América Latina, uma vez que esse debate – para além do tema da “segurança pública” e privada – já ocorre há pelo menos quatro décadas nos países do hemisfério norte, onde se discute a questão de *surveillance* em diferentes áreas do conhecimento, incluindo nesse debate também a arte e o ativismo.

Milena Szafir

é mestre em ciências da comunicação com ênfase em meios e processos audiovisuais, com formação em arquitetura e urbanismo, processamento de dados e na metodologia de educação não formal. Escreve também no MANIFESTO21.TV



Sobre arte e ativismo, a respeito de *surveillance* em território latino americano, vale destacar a atuação do grupo “mm não é confete”. Um canal está aberto para contribuições (manifestese@manifesto21.com.br); trata-se de uma chamada para artistas e ativistas sobre os temas de vigilância, monitoramento, entre outros, com o objetivo de fazer um mapeamento da América Latina e de sua comunicação.

P O E S I A

CLÁUDIO MAFRA

TEMPO DE LEVITAR

Juiz de Fora, 2000

Parecia a continuidade
de um sonho.

Mas o sol estava ali
no dia azul
só p'ra desmentir.

Estavam ali os objetos
do quarto,
os sons da casa,
o latido do cão .

Havia mesmo despertado.
Mas o corpo não:
mantinha a sensação
de flutuar
e uma alegria efervescente
e cintilante
dominava a alma.

E mesmo que uma ligeira nuvem
de tristeza,
pairasse nesse céu do quarto

(ao pensar no peso
das horas que viriam:
alegria e pânico
no mesmo palco, onde
vida e morte contracenariam)

mesmo assim,
era a alegria que
me vestia o corpo
quando ajeitei
o terno
e adentrei o dia.

ANJO DA GUARDA

Já não me comunico
com este ser
secreto e desmaterializado
que vive em mim.

Ouço-lhe vez por outra
apenas um alerta
em tom de reclamação.

Quando escrevo um poema
sinto que fica por perto
curioso
(feito meu antigo anjo da guarda
descesse daquele quadro);

e nesses momentos
sinto saudade do tempo
em que sentia os cheiros
junto com a cor
e nem dava
pelo milagre!

Hoje nos vemos
de vez em quando
sempre que o alarido
desses dias
permitem:

apenas um roçar
de lembranças
como quem vive
um rápido “déjàvù”.

POEMA BRANCO

Juiz de Fora, 28.06.06

Nosso lençol secando
branco na praia (do sol que viria)
agitado pelo vento
da manhã (que seria);

ainda o orvalho empalidece
a grama (na espera da viagem
pelo sol);

ainda brancas cintilâncias
anunciam a luz
no horizonte;

branca
a lua mergulha
num desmaio de brancura
e a praia começa
a se colorir
de branco.

Meu olhar inquieto propõe
à paisagem
os tons pastel
que ainda resistiam
à nuvem branca
que nos envolveu:

de repente nossa vida
apaga assim
no infinito de uma tela branca.

Diante de min
as investidas do vento
descolorem de vez
o momento

brincando irresponsavelmente
com a brancura agonizante
de nosso lençol.

Claudio Mafra é arquiteto mineiro bem conhecido, com projetos premiados na área de museus e de bibliotecas universitárias. Muito menos conhecida é a sua veia poética, cultivada discretamente, da qual a Ciência & Cultura revela aqui três exemplos até agora inéditos.

P R O S A

E V A N D R O A F F O N S O F E R R E I R A

É domingo. Chove choro. Minha tristeza é seca. Efeito natural dela melancolia árida. Pranto que torce-retorce o íntimo; desalento que chega guiado pelo sopro da morte. A vida é ruim; eu sei. Mas a não existência me amedronta. Este não saber o que acontece depois que viramos a esquina me desespera; pelo silêncio de todos desde toda a eternidade parece que não há nada lá; nem lágrimas de Heráclito nem sorriso de Demócrito; mas também poderá ser silêncio justificável: encontraremos o planeta dos seres-da-mudez-eterna; lugar no qual se prescinde solenemente do subterfúgio da fala; da sagacidade da palavra; planeta do idioma-sentimento; seremos possivelmente asas que voam suprimindo pássaros. Sei que tenho medo. Acho que vou pedir torta de peras ao vinho. Espero que dê tempo. Para a senhora de humor refinado deu; aquela de vestido preto que estava na sexta mesa à esquerda assim que cheguei nesta mesa-mirante. Agora me arrependo de não tê-la convidado para sentar-se comigo; falaríamos antes de tudo dos chistes preferidos dele judeu psicanalista de Viena – este que escreveu interessante texto falando do luto falando da melancolia. Sempre privei da intimidade desses substantivos; minha tristeza é congênita; meu sentimento de pesar me acompanha há sete décadas sem conseguir percorrer toda a sua trajetória. Senhor decrepito sentado à mesa da outra confeitaria não conteve sua felicidade com repentina chegada de amigo igualmente vítima da decrepitude. Também ficaria feliz se minha amiga filósofa entrasse de súbito neste templo moderno. Mas não virá: posso vê-la; está escrevendo seu novo romance; exatamente neste trecho: se eu pudesse mover as estacas que me fincam ao chão no comando do poder de ir e vir impedindo qualquer arrebatamento da vontade e tornando-me esta imensa réstia de potências irrealizáveis. Não nos veremos face a face nunca mais: estou encerrando minha vida nesta manhã tempestuosa de domingo que parou para mim. Trovões às vezes se confundem com relinchos de quatro cavalos – possivelmente. Sei-sinto-pressinto que estão na rua de trás. Tocaia. Espreitando talvez chegada dele contundente-definitivo-fatal sinal de pontuação. Pode ser também que tudo seja delírio provocado pelo *nom plus* ultra do sentimento de tristeza – a melancolia. Sei que depois desta tempestade não haverá arco-íris. Adeus minha amiga. Lembrei-me de súbito da quase-quinta aquela em que você me disse que sabe feito eu que a vida é ruim – mas que não devemos contar isso para os pequenos. Sim: não é aconselhável servir de arauto transmitindo às crianças tal desígnio inabalável. Sem considerar que maioria cresce vive tempo todo distraída sem se dar conta disso. Sei que foi comovente ver naquele momento niilismo cedendo espaço à generosidade materna. Minha mãe não foi generosa comigo se matando sem dizer adeus. Você foi mais uma vez desprendida doando-me o adeus daquela que lhe trouxe ao mundo.

Relâmpagos resplandecem todo o espaço que circunda este templo moderno. Natureza lançando mão de seu poder iluminante para clarear meu caminho em direção ao possivelmente absoluto Nada.

Evandro Affonso Ferreira. Mineiro de Araxá, radicado em São Paulo há 40 anos, Evandro Affonso Ferreira surgiu na literatura em 2000. É autor de Grogotó! (Topbooks), Araã! (Hedra), Erefuê, Zaratempô e Catrâmbias (editora 34). O trecho publicado faz parte de Minha mãe se matou sem dizer adeus, pp. 109-110, recém lançado pela Editora Record. O livro conta a história do último dia de um escritor anônimo que faz pacto com a morte para finalmente escrever um livro com começo, meio e fim.

Artigos Ensaaios

<http://cienciaecultura.bvs.br>

cienciaecultura@sbcnet.org.br

A revista *Ciência e Cultura* criou a seção **Artigos & Ensaaios**, quatro páginas destinadas a atender demandas espontâneas da comunidade científica que não se encaixem dentro do Núcleo Temático de cada número. A seção abriga textos com uma reflexão sobre temas da atualidade científica e de interesse da sociedade como um todo, nas grandes áreas do conhecimento.

A formatação dos artigos deverá seguir as **normas** publicadas abaixo. Os textos serão avaliados e sua publicação seguirá agenda de interesse editorial da revista. Não é recomendada a submissão de artigos e ensaios de interesse exclusivo de grupos de especialistas ou que tenham sido anteriormente publicados, em veículos da comunidade científica ou mídia em geral.

NORMAS

SEÇÃO ARTIGOS & ENSAIOS Possui 4 páginas, destinadas a um texto de 17,5 mil caracteres com espaçamento (sem imagens) ou 16 mil (com até 3 imagens).

FORMATO Cada artigo terá o máximo de 3 gráficos, tabelas ou imagens, considerados fundamentais para a ilustração e melhor entendimento do texto. Esse material deve ser enviado em arquivo separado e com antecedência, para sua confecção e checagem junto ao articulista. O envio de número superior a esse deverá oferecer a opção de escolha para a edição, se houver necessidade de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS As citações e referências serão indexadas numericamente no texto, em ordem crescente, e aparecerão no final do artigo, sob o título **Notas e Referências**, se ambas ocorrerem; ou **Notas**, ou **Referências**, se apenas uma das duas ocorrer. Existe, ainda, a opção **Bibliografia consultada**, sem citações referenciadas e numeradas ao longo do texto.

RODAPÉ Notas de rodapé não são utilizadas.

CRÉDITO A assinatura do articulista virá logo abaixo do título e suas qualificações – que devem ser encaminhadas **sempre** no corpo do texto e não exceder cinco linhas – serão editadas ao final. Modelo: *José da Silva é biólogo, professor titular do Instituto de Bioquímica da Universidade de São Paulo (USP) e presidente do Centro de Pesquisa em Biologia Molecular do Instituto XYZ.*

PRAZOS Os textos serão avaliados por membros do conselho editorial da revista. A qualidade de texto, informação e pertinência dos artigos e ensaios são essenciais para a sua aprovação. Uma vez aprovados, os textos serão publicados de acordo com a relevância e urgência dos temas

abordados. Depois de aprovados, os textos passarão por um processo de revisão editorial e reenviados para checagem dos autores, que deverão devolvê-los, com devidos ajustes e/ou aprovação em, no máximo, 48 horas.

DESTAQUES Os destaques dentro do texto – como palavras ou expressões que se queira salientar, devem vir em **negrito** – citações de frases, capítulos deverão receber **aspas**; palavras estrangeiras e títulos de obras aparecerão em **italico**. Deve-se evitar o excesso de destaques por página.

REFERÊNCIAS O padrão de referências adotado segue exemplificado abaixo:

1. Hershko, A.; Ciehanover, M. L. *Nature*, Vol.6, n.1073. 2002.
2. Elias, N. *O processo civilizador- uma história de costumes*. Vol.I Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 1990.
3. Tavares, J.V. “A violência como dispositivo de excesso de poder. *In Revista Crítica de Ciências Sociais*. Centro de Estudos de Coimbra, Vol.37, p.132. Junho de 1993.
4. Diaz, M., *op cit.* pp.345-347. 1987.

ENVIO DE MATERIAL Os textos devem ser produzidos em arquivo Word. Ilustrações e gráficos devem ser enviados em arquivo separado, com os detalhes necessários para sua identificação, como: crédito, legenda, fonte, etc.

SIGLAS As siglas constantes no texto devem **sempre** aparecer por extenso na primeira vez em que forem utilizadas.

CONTATO É recomendável que cada articulista coloque seus dados para eventual contato (e-mail ou tel) quando alguma dúvida surgir no processo de edição.

Realização



Sociedade Brasileira para o
Progresso da Ciência

Produção Editorial



Apoio



Secretaria de
Ensino Superior

