

# 19

REGISTRO DOS DEBATES  
DA 58ª REUNIÃO ANUAL

CADERNOS SBPC

**SB  
PC**

Tecnologia & Inovação

2 0 0 6

# SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA

Diretoria 2005/2007

Presidente Ennio Candotti

Vice-Presidentes Dora Fix Ventura e Celso Pinto de Melo

Secretário-Geral Lisbeth Kaiserlian Cordani

Secretários Ingrid Sarti, Maria Célia Pires Costa e Osvaldo Sant'Anna

1º Tesoureiro Peter Mann de Toledo

2º Tesoureiro Suely Druck

## Presidentes de Honra

---

Aziz Nacib Ab'Saber  
Crodowaldo Pavan  
Ennio Candotti

José Goldemberg  
Oscar Sala  
Ricardo Ferreira

Sérgio Henrique Ferreira  
Warwick Estevam Kerr

## Conselho | Membros efetivos

---

Aziz Nacib Ab'Saber  
Crodowaldo Pavan  
Ennio Candotti

Glaci Zancan  
José Goldemberg  
Oscar Sala

Sérgio Henrique Ferreira  
Warwick Estevam Kerr

### ÁREA A

Lúcio Flávio de Faria Pinto (PA) (2003/07)  
Antônio José Silva Oliveira (MA) (2005/09)  
Luís Carlos de Lima Silveira (PA) (2005/09)

### ÁREA B

Gizélia Vieira dos Santos (BA) (2003/07)  
Lúcio Flávio de Sousa Moreira (RN) (2003/07)  
José Antonio Aleixo da Silva (PE) (2005/09)  
Lindberg Lima Gonçalves (CE) (2005/09)  
Mário de Sousa Araújo Filho (PB) (2005/09)  
Willame Carvalho e Silva (PI) (2005/09)

### ÁREA C

João Cláudio Todorov (DF) (2003/07)  
Maria Stela Grossi Porto (DF) (2003/07)  
Fernanda Sobral (DF) (2005/09)  
Lúcio Antonio de Oliveira Campos (MG) (2005/09)

### ÁREA D

Alzira Alves de Abreu (RJ) (2003/07)  
Ildéu de Castro Moreira (RJ) (2003/07)  
Roberto Lent (RJ) (2005/09)

### ÁREA E

Antônio Flávio Pierucci (SP) (2003/07)  
Maria Clotilde Rossetti-Ferreira (SP) (2003/07)  
Marilena de Souza Chauí (SP) (2003/07)  
Regina Pekelmann Markus (SP) (2005/09)

### ÁREA F

Dante Augusto Couto Barone (RS) (2003/07)  
Carlos Alexandre Netto (RS) (2005/09)  
Euclides Fontoura da Silva Jr. (PR) (2005/09)  
Zelinda Maria Braga Hirano (SC) (2005/09)

## Secretários Regionais e Seccionais | Mandato 2006/2008

---

### Área A

José Maurício Dias Bezerra (MA)  
Silene Maria Araújo de Lima (PA)  
Paulo Henrique Lana Martins (TO)

### Área B

Angelo Roncalli Alencar Brayner (CE)  
Ivan Vieira de Melo (PE)  
Joaquim Campelo Filho (PI)

### Área C

Ivone Rezende Diniz (DF)  
Reginaldo Nassar Ferreira (GO)

### Área D

Adalberto Moreira Cardoso (RJ)

### Área E

Suzana Salem Vasconcelos (SP)

### Área F

Marcos Cesar Danhoni Neves (PR)  
Maria Suely Soares Leonart (Seccional de Curitiba)  
Maria Alice Oliveira da Cunha Lahorgue (RS)  
Mário Steindel (SC)

REGISTRO DOS DEBATES  
DA 58ª REUNIÃO ANUAL

CADERNOS SBPC



**Tecnologia & Inovação**

2 0 0 6

## **Tecnologia & Inovação**

Cobertura jornalística feita a partir de conferências e mesas-redondas apresentadas na 58ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)

Coordenação editorial

**Alicia Ivanissevich**

Edição e revisão

**Roberto Barros de Carvalho**

Reportagem

**Célio Yano**

**Fred Furtado**

**Helen Mendes**

**Murilo Alves Pereira**

**Thaís Fernandes**

Projeto gráfico e diagramação

**Ana Luisa Videira**

Fotolito e Gráfica

**Imprinta Express**

Um olhar interdisciplinar .....	7
Raio-X da nanociência brasileira .....	9
Inovação em pequena escala .....	19
Estudos grandiosos .....	23
Eles, robôs .....	29
Tecnologia para avançar mar adentro .....	37
Plástico ecologicamente correto .....	46
A era da mecânica quântica .....	50
Mudanças na área espacial já .....	55
Estratégias energéticas para o Brasil .....	58



# Um olhar interdisciplinar

Pelo terceiro ano consecutivo, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) buscou registrar boa parte dos debates ocorridos em sua 58ª Reunião Anual, realizada na Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis, em mais uma série de cadernos temáticos. Desta vez, porém, a cobertura foi além, documentando em vídeo – com transmissão pela internet em tempo real – a maioria dos simpósios, mesas-redondas e conferências apresentados na reunião. Nestes cadernos, além de registrar o que foi discutido em alguns desses eventos, aproveitamos para incluir duas novas modalidades – encontros abertos e grupos de trabalho – que ficaram de fora do enquadramento das lentes. Constam também alguns documentos elaborados pelos coordenadores desses grupos que tecem recomendações apresentadas à SBPC ao fim da reunião.

Com essa cobertura mais ampla e uma abordagem mais generalista e menos fragmentada dos assuntos tratados, a SBPC pretende honrar a temática principal de sua 58ª Reunião Anual: 'SBPC&T, semeando interdisciplinaridade'. Esse novo olhar multifacetado pode ajudar a construir uma reflexão mais aprofundada sobre a atividade científica e tecnológica em nossa sociedade.

Queremos lembrar que as versões aqui apresentadas não foram revistas pelos conferencistas e demais participantes, mas procuram ser um retrato fiel – ainda que tímido e desenhado em traços largos – do acontecido em Florianópolis.

Coordenação editorial



## Raio-X da nanociência brasileira

Quando o assunto é nanotecnologia, a produção científica brasileira encontra altos e baixos: algumas áreas contam com iniciativas de destaque internacional, enquanto outras ainda tentam superar obstáculos para obter resultados promissores. Entre as principais carências do setor estão a pouca interação dos cientistas com as empresas para transformar as pesquisas em produtos, a falta de investimentos e a dificuldade de diálogo entre as diferentes disciplinas envolvidas. Essas foram as conclusões do encontro aberto 'Nanotecnologia: o que já aconteceu', em que especialistas mostraram os avanços e identificaram os desafios da nanociência no Brasil.

A nanociência e a nanotecnologia têm despertado cada vez mais o interesse dos pesquisadores, o que se reflete no aumento considerável do número de publicações nessa área nos últimos anos. No Brasil, os resultados têm sido alavancados pela eficácia das redes nacionais criadas para reunir grupos de pesquisa de diferentes estados em algumas áreas da nanociência.

A farmacêutica Sílvia Stanisçuaski Guterres, da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, falou sobre a atuação da rede Nanobiotec, voltada para a área de nanobiotecnologia e que tem como missão promover o uso da nanotecnologia para o tratamento de doenças negligenciadas. A rede foi criada em 2001 com a participação de 17 instituições de todo o Brasil e em 2005 esse número chegou a 21. Além disso, conta com forte colaboração de instituições estrangeiras.

Segundo Guterres, essa rede deu origem a várias outras, entre elas uma de nanocosméticos e outra de nanomagnetismo, somando mais de 30 projetos em desenvolvimento. Ela destacou alguns objetivos da rede, associados às áreas terapêutica e de diagnóstico: o desenvolvimento de novos métodos de preparação de fármacos encapsulados em nanopartículas para o tratamento de câncer, tuberculose, leishmaniose e esquistossomose, a síntese e a caracterização de fluidos magnéticos que possam ser aplicados no diagnóstico e em terapias do câncer e a criação de métodos instrumentais com materiais nanoestruturados para caracterizar nanoestruturas e aplicar em diagnósticos.

**“De 1990 a 2005, houve mais de 500 publicações sobre uso de nanobiotecnologia para o desenvolvimento de produtos cutâneos e, entre 1966 e 2005, 312 patentes relativas a cosméticos ou produtos dermatológicos de base nanotecnológica foram registradas no mundo.”**

Sílvia Stanisçuaski Guterres  
Farmacêutica Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul

Guterres disse que a rede estimula o contato dos pesquisadores com a iniciativa privada, tornando-se importante articuladora de parcerias com indústrias. “Esse foi um dos primeiros esforços para desenvolver produtos de base nanotecnológica.” Segundo ela, entre 2001 e 2005, a rede recebeu do Ministério da Ciência e Tecnologia e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) cerca de R\$ 2,8 milhões, além de captar recursos de outras fontes, que totalizaram R\$ 3 milhões entre abril de 2003 e outubro de 2004. Os esforços concentrados na rede renderam 36 patentes e mais de 600 publicações e permitiram a formação de 45 doutores, 71 mestres e 187 alunos de iniciação científica. “Antes da rede, a formação de recursos humanos na área era feita no exterior.” Apesar dos bons resultados, a pesquisadora alertou para uma preocupação: a interação entre as empresas e o setor público para a proteção da propriedade intelectual.

Segundo a farmacêutica, a nova rede de nanocosméticos foi aprovada por edital no ano passado e conta com a participação de 10 instituições brasileiras, além de parcerias internacionais com universidades e institutos na França, Alemanha, Inglaterra, Suíça, Suécia e Holanda. Ela ressaltou a relevância científica, tecnológica e econômica de sua criação. “De 1990 a 2005, houve mais de 500 publicações sobre uso de nanobiotecnologia para o desenvolvimento de produtos cutâneos e, entre 1966 e 2005, 312 patentes relativas a cosméticos ou produtos dermatológicos de base nanotecnológica foram registradas no mundo”, disse. A pesquisadora também destacou

o crescimento do mercado de cosméticos, especialmente o brasileiro, que ocupa a sétima posição no mundo. “Nos últimos cinco anos, a indústria de cosméticos no Brasil cresceu em média 8,2% ao ano e seu faturamento sobre as vendas passou de R\$ 7,5 bilhões em 2000 para R\$ 13,1 bilhões em 2004.”

Guterres explicou que a rede vai desenvolver produtos cosméticos, ou seja, preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas (ou suas misturas) para uso externo nas diversas partes do corpo (pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral), com o objetivo de higienizá-los, alterar sua aparência, corrigir odores corporais, protegê-los ou mantê-los em bom estado. Entre os produtos que podem ser gerados a partir da rede estão nanocápsulas, nanoemulsões, cristais líquidos e lipossomas.

A farmacêutica apontou os avanços da nanotecnologia, especialmente na área de nanocosméticos, no Brasil. “Já conseguimos mapear as competências, identificar os grupos emergentes e promissores, estabelecer parcerias com o setor empresarial, formar recursos humanos e ter uma produção científica significativa”, enumerou. Segundo ela, entre os resultados obtidos, os que mais têm chance de serem apropriados pelo setor produtivo em curto e médio prazos são os produtos cosméticos, cosmecêuticos (cosméticos com fins terapêuticos), farmacêuticos de uso tópico e oral e para diagnóstico.

Para Guterres, o mundo dos cosméticos talvez seja o que está mais à frente nos nanonegócios. Ela disse que os primeiros nanocosméticos foram testados pela empresa Natura na França, onde já estão à venda há dois anos. “As empresas Procter & Gamble, Anna Pegova e L’Oréal já vendem produtos contra o envelhecimento com essa tecnologia”, acrescentou. A farmacêutica afirmou que, apesar do atraso em relação às multinacionais, o Brasil também começa a investir na área. “O Boticário está lançando uma nova linha de produtos composta por nanoemulsões desenvolvidas no Brasil”, completou.

A pesquisadora identificou os desafios e problemas da nanobiotecnologia no Brasil, como ampliar a vocação tecnológica dos pesquisadores e instituições. Ela disse que há uma resistência à geração de patentes. “Hoje existem cerca de 200 pedidos de registro de patente nessa área no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual, o que é muito pouco”, alertou. Também seria preciso desenvolver mecanismos de apoio inicial a empresas de base nanotecnológica – geralmente pequenas – e melhorar as condições de acesso aos materiais necessários para a produção, que são importados e, na maioria das vezes, de difícil obtenção. Guterres citou ainda a necessidade de modernizar e equipar adequadamente os laboratórios existentes e promover a criação de laboratórios para atender a

diferentes usuários. Outra demanda seria a definição dos aspectos regulatórios da área e o desenvolvimento de mecanismos para facilitar as relações entre universidades e empresas. Ela completou: “Devemos também discutir a pertinência da criação de programas de pós-graduação em nanotecnologia, preferencialmente com caráter multidisciplinar e multiinstitucional.”

**“Um produto bastante promissor e que deve ocupar grande fatia do mercado mundial de nanotecnologia são os Oleds, materiais capazes de emitir diferentes cores em função do composto orgânico usado. Eles são considerados produtos nanotecnológicos porque as camadas que os constituem podem ter tamanho nanométrico.”**

André Avelino Pasa  
Físico da Universidade Federal  
de Santa Catarina

## **Um setor com potencial**

O físico André Avelino Pasa, do Laboratório de Filmes Finos e Superfícies do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), deu um panorama sobre o setor de nanodispositivos eletrônicos e magnetoelétrônicos. Segundo ele, no Brasil não há esse tipo de indústria; mas há resultados de pesquisas em universidades. Ele citou o desenvolvimento pela UFSC do primeiro microscópio de força atômica e tune-lamento, voltado para estudos na área, em 1997, e de nanofibras de óxido de vanádio, que podem ser usadas para catálise e armazenamento de energia em baterias de lítio. O pesquisador mencionou ainda alguns projetos da UFSC aprovados pelo Fundo Setorial de Infra-estrutura (CTInfra), como o desenvolvimento de sensores e materiais nanoestruturados.

Segundo Pasa, um produto bastante promissor e que deve ocupar grande fatia do mercado mundial de nanotecnologia são os Oleds (sigla em inglês para diodo de emissão eletrônica orgânico), materiais capazes de emitir diferentes cores em função do composto orgânico usado. “Eles são considerados produtos nanotecnológicos porque as camadas que os constituem podem ter tamanho nanométrico”, explicou. O físico disse que

os Oleds têm diversas aplicações possíveis: em painéis de instrumentos, luzes externas de indicação ou sinais de estradas, no mercado automotivo; para conferir alta resolução e colorido a vídeos multifunção; como papel de parede em telas de grande área; e como sinalizadores leves, flexíveis e de baixa voltagem em roupas. Ele citou alguns grupos com

projetos nesse campo na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Na área de eletrônica, o pesquisador destacou um trabalho realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Pasa também falou sobre o uso da nanotecnologia para o desenvolvimento de sensores magnetorresistivos, portadores de uma propriedade chamada magnetorresistência gigante, fenômeno físico descoberto em 1988 que torna o material propício a gravações magnéticas. “Em 1997, já havia chegado ao mercado um disco rígido com cabeças leitoras magnetorresistivas”, contou. Ele disse ainda que um grupo da UFSC desenvolve uma nanopartícula para gravação magnética que, do ponto de vista teórico, tem se comportado de modo semelhante às mídias atuais.

O físico Marcos Assunção Pimenta, do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), falou sobre o que tem sido feito no Brasil na área de nanotubos de carbono. Ele explicou que os nanotubos de carbono, descobertos em 1991 pelo pesquisador japonês Sumio Iijima, são estruturas feitas por uma folha de grafite enrolada na forma de um cilindro com diâmetro médio de 1 nanômetro (nm). “Suas propriedades físicas dependem muito da forma como a folha é enrolada e de seu diâmetro”, acrescentou.

Com relação às propriedades mecânicas dos nanotubos de carbono, Pimenta destacou a alta resistência: “Eles são 20 vezes mais resistentes e seis vezes mais leves que o aço, podendo ser misturados à cerâmica para aumentar sua resistência.” Suas propriedades eletrônicas (comportamento metálico ou semicondutor) abrem grandes possibilidades de uso, como a construção de nanocomponentes eletrônicos (por exemplo, diodos e transistores). “Os nanotubos de carbono são candidatos na busca por sucessores para o silício”, afirmou. Segundo o pesquisador, o uso desse novo material no futuro é promissor, devido ao seu menor tamanho e a sua melhor

**“Os nanotubos de carbono são 20 vezes mais resistentes e seis vezes mais leves que o aço, podendo ser misturados à cerâmica para aumentar sua resistência.**

**Suas propriedades eletrônicas abrem grandes possibilidades de uso, como a construção de nanocomponentes eletrônicos.**

**Os nanotubos de carbono são candidatos na busca por sucessores para o silício.”**

Marcos Assunção Pimenta  
Físico da Universidade Federal de Minas Gerais

performance. Os nanotubos também poderiam ser usados para estocar gases, reter moléculas e em baterias de longa duração, já que, entre suas propriedades físico-químicas, está a alta área específica, originada pelos espaços entre suas moléculas. Outra característica é o fato de dissiparem calor rapidamente, por causa de sua alta condutividade térmica.

Pimenta ressaltou que, devido à sua estrutura cilíndrica perfeita, os nanotubos de carbono podem ser usados como emissores de elétrons. “Já existem aplicações em telas de computador, onde cada *pixel* é formado por um nanotubo”, contou. Com relação às suas propriedades ópticas, os nanotubos são dotados de fluorescência e capazes de assumir várias cores. “Por isso, podem ser aplicados como marcadores e cintiladores em sistemas biológicos.” Por suas propriedades elétricas, eles se prestam à estocagem de gases e a tornar metálico um material isolante.

O físico destacou a eficácia das redes nacionais criadas para reunir grupos de pesquisa de vários estados em algumas áreas da nanociência. Ele citou a Rede Nacional de Pesquisa em Nanotubos – da qual faz parte –, criada em 2005 e que reúne 19 instituições de oito estados do Brasil e 40 pesquisadores doutores, entre físicos, químicos e cientistas de materiais. Pimenta disse que a rede se dedica a problemas científicos fundamentais e de ciência aplicada e tem várias colaborações estabelecidas. “Já foram defendidas 58 teses e registradas seis patentes nessa área, além da publicação de mais de 170 artigos sobre nanotubos de carbono nas melhores revistas internacionais, como *Science* e *Physical Review Letters*”, contou. O programa motivou também a interação com pesquisadores de todo o mundo, o que resultou em um acordo para organizar a conferência internacional *Nanotube 07* na cidade de Ouro Preto (MG) em junho do ano que vem.

Pimenta enfatizou a importância das iniciativas na área de nanotubos de carbono, por serem materiais extremamente estratégicos e, por isso, difíceis de comprar. “A simples produção de uma amostra é muito relevante, mas a idéia é fabricar o material em larga escala para suprir as pesquisas”, ponderou. Ele contou que a primeira síntese de nanotubos de carbono no Brasil foi feita em 1998 e que desde 2005 há grupos produzindo o material em larga escala. Sobre os projetos realizados no país, o pesquisador destacou alguns conduzidos na UFMG e na Universidade Federal do Paraná.

Entre as aplicações de nanotubos de carbono desenvolvidas no Brasil, Pimenta citou um supercapacitor baseado em filmes sólidos poliméricos para armazenar cargas, um sensor para quantificar a retenção de gás que pode ser usado na área médica, um biocompósito (feito a partir da mistura de nanotubos e colágeno) para reconstituição óssea, dispositivos eletrônicos com nanotubos isolados e compósitos feitos com nanotubos e

polímeros termoplásticos para elaboração de materiais de baixa densidade e alto desempenho para o setor aeroespacial, todos da UFMG – sendo este último em colaboração com a Agência Espacial Brasileira. Ele acrescentou que sua pesquisa envolve a análise das propriedades ópticas e eletrônicas dos nanotubos para identificação de suas características. O físico também mencionou alguns projetos da UFPR, como o desenvolvimento de dispositivos fotovoltaicos de nanotubos de carbono para aumentar a eficiência na conversão de luz em energia elétrica e de dispositivos de memória para gravar, ler e apagar a gravação de informações. Ele completou o panorama brasileiro na área apontando um estudo da Unicamp que desenvolveu pontas de nanotubos de carbono para microscópios de varredura, que tornam a imagem mais nítida por serem mais finas e, conseqüentemente, conseguem penetrar mais no objeto.

### **Nanomateriais: frutos concretos**

O químico Fernando Galembeck, do Instituto de Química da Unicamp, apresentou as pesquisas desenvolvidas na área de nanomateriais. Ele ressaltou a atuação do Instituto do Milênio de Materiais Complexos – ao qual é vinculado –, que desenvolve estudos no setor desde 2002 e tem como missão transformar os resultados de pesquisas em produtos e processos. Segundo o pesquisador, a área de química é forte na academia e tem um próspero setor industrial. “Em 2005 foi registrada a primeira patente internacional de um fármaco criado no Brasil”, completou.

Galembeck enumerou desenvolvimentos recentes na área de nanomateriais obtidos na Unicamp, que mostram que já há frutos concretos sendo colhidos a partir do esforço de pesquisadores brasileiros. Entre os produtos estão: uma nova fibra para produção de fibra de carbono, um filme de látex capaz de aderir ao polietileno (o que hoje é praticamente impossível) e ser usado em impressões nesse tipo de material e um adesivo para metais que cola alumínio sem qualquer tratamento prévio exceto limpeza (cuja patente já foi registrada). Além disso, há estudos para gerar novos materiais poliméricos a partir de nanopartículas. Segundo o pesquisador, esses materiais poderiam ser usados para dificultar a transposição de gases em câmaras de pneus e embalagens de alimentos e para fabricar adesivos de alto desempenho para a indústria de calçados.

O produto mais promissor citado por Galembeck é o Biphor, um pigmento branco de fosfato de alumínio que pode ser usado em tintas. Além de não gerar poluentes em sua fabricação, o material possui muitas vantagens competitivas em relação ao único concorrente disponível no mercado, o dióxido de titânio. Segundo o químico, já está em

funcionamento uma planta-piloto para produzir mil toneladas do pigmento por ano, e em 2008 será instalada em Cubatão (SP) uma planta industrial com capacidade de produção de 100 mil toneladas anuais.

**“Desde a década de 1950 já se pensava que o trabalho em escala nanométrica poderia resolver os problemas em nível maior. Existe uma projeção de que, de 2006 a 2020, serão investidos cerca de US\$ 44 bilhões só em nanocompósitos poliméricos. Há uma mudança de perspectiva que prevê um aumento de três vezes no mercado de nanomateriais. No Brasil, o governo marcou passo nesse setor.”**

Fernando Galembek  
Químico da Universidade  
Estadual de Campinas

Galembek reforçou o valor das nanociências, lembrando que desde a década de 1950 já se pensava que o trabalho em escala nanométrica poderia resolver os problemas em nível maior. Segundo ele, existe uma projeção de que, de 2006 a 2020, serão investidos cerca de US\$ 44 bilhões só em nanocompósitos poliméricos. “Há uma mudança de perspectiva que prevê um aumento de três vezes no mercado de nanomateriais”, acrescentou. E alertou: “No Brasil, o governo marcou passo nesse setor”.

O geneticista Crodowaldo Pavan, professor-emérito da Universidade de São Paulo, questionou os palestrantes sobre a definição de nanotecnologia e o evento que teria sido responsável pela descoberta desse ramo da ciência. Pimenta disse que a invenção do microscópio eletrônico é um marco, pois permitiu pela primeira vez a observação de uma molécula. Galembek, em vez de tratar de questões teóricas, afirmou que a discussão sobre o que é nanotecnologia resume-se a fatores políticos, como a disputa por recursos. “No caso de empresas, elas evitam declarar que trabalham com nanotecnologia, pois não querem ter que se sujeitar às restrições impostas à área, quando estas surgirem, como aconteceu com a biotecnologia”, acrescentou. O químico Oswaldo Luiz Alves, do Laboratório de Química do Estado Sólido da Unicamp, disse que isso já acontece também com empresas brasileiras. Para Pimenta, essa situação também se deve aos problemas que produtos nanotecnológicos podem causar, como poluição do ambiente e

toxicidade. “Não é só maravilha. Estudos mostram que os nanotubos de carbono provocam problemas respiratórios. Já as nanopartículas podem invadir o solo”, exemplificou.

Para Alves, a nanotecnologia é fruto do encontro de várias disciplinas, pois trabalha dentro do conceito de multidisciplinaridade. Pimenta alertou que, para promover a interdisciplinaridade, é preciso romper com as estruturas estanques das disciplinas nas universidades e dos financiamentos. Nesse contexto, Alves ressaltou a importância da pós-graduação interdisciplinar. Mas os participantes do encontro identificaram um empecilho para a realização de trabalhos interdisciplinares: o fato de as agências de fomento determinarem que os artigos científicos devem ser de responsabilidade de um único curso, o que cria uma disputa e enfraquece a possibilidade de união.

Guterres ressaltou que não se pode perder de foco o questionamento sobre os benefícios da nanotecnologia e suas vantagens em relação às tecnologias tradicionais. Segundo Alves, o setor industrial está bastante inserido no discurso da nanotecnologia, mas é preciso também agregar aspectos do desenvolvimento, como as políticas para a saúde pública. “Algumas argilas, por exemplo, podem ser modificadas para tornar a água potável e até para reter vírus”, afirmou, citando também a possibilidade de usar nanotecnologia para remediação ambiental e em materiais de construção. Galembeck mostrou-se otimista em relação à nanotecnologia, não só quanto ao que ela pode produzir, mas também no que se refere ao seu uso para resolver os problemas brasileiros.

Diante do amplo panorama apresentado, os pesquisadores foram questionados sobre a posição do Brasil em relação aos países centrais na área de nanotecnologia. “Temos grupos localizados em algumas áreas que tentam acompanhar o que vem sendo feito no mundo. Mas é claro que há muitos vazios”, avaliou Pimenta. “Na área de nanotubos de carbono, por exemplo, o Brasil tem uma competência superior à de vários países da Europa, mas isso não ocorre em todos os ramos.” Galembeck concordou em parte com a avaliação de Pimenta e acrescentou: “O Brasil está bem nos setores em que tem vigor tecnológico – e são muitos. Estamos produzindo e há resultados inovadores em nível internacional”. Segundo ele, há contribuições brasileiras em praticamente qualquer área de pesquisa. “O problema é que em alguns setores não existe a prática da união entre conhecimento básico e aplicação”, alertou. Ele

**“Nossos estudantes não lêem patentes. Os pesquisadores aprendem a ler artigos científicos, mas não patentes. E quem nunca leu não será capaz de escrever uma.”**

Fernando Galembeck  
Químico da Universidade  
Estadual de Campinas

disse ainda que, além de investimento, é necessário um programa que oriente o desenvolvimento científico.

Uma professora de física da UFSC perguntou de que forma os pesquisadores podem buscar a interação com a indústria. Galembeck disse que um dos recursos mais poderosos é o diálogo. “É preciso aproveitar as oportunidades de contato com o exterior, através de alunos e pesquisadores.” Para Pimenta, a maneira mais eficaz de aproximar a ciência do produto é investir em estruturas de incubadoras de empresas.

Os pesquisadores chamaram a atenção para a dificuldade de transformar o conhecimento gerado em novas tecnologias, o que leva a um baixo número de patentes na área. Na avaliação de Galembeck, esse problema reflete uma realidade de muitos pesquisadores brasileiros, pouco habituados com a cultura da inovação. “Nossos estudantes não lêem patentes”, denunciou. “Os pesquisadores aprendem a ler artigos científicos, mas não patentes. E quem nunca leu não será capaz de escrever uma.” Guterres acredita que o pequeno número de patentes se deve à incompetência dos escritórios das universidades para redigi-las. “Precisamos ser capazes de fazer patentes amplas”, concluiu.

## Inovação em pequena escala

O ditado popular diz que é nos menores frascos que se encontram os melhores perfumes. Embora a analogia não seja óbvia, na área de pesquisa científica pode não ser muito diferente. Na conferência 'Produtos e processos nanotecnológicos: materiais', o químico Fernando Galembek, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), apresentou ao público que lotou o auditório da reitoria da Universidade Federal de Santa Catarina as promessas inovadoras dos estudos acadêmicos que ocorrem na área tecnológica que trata das estruturas de menores dimensões.

Galembek abriu sua palestra com a apresentação de um gráfico que mostrava o trabalho desenvolvido pelo inventor norte-americano Thomas Alva Edison (1847-1931) e pelo físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962). Para o químico da Unicamp, os dois extremos nos quais esses cientistas se encontram devem ser evitados. "Se por um lado Bohr produziu conhecimento sem desenvolver produtos que beneficiassem diretamente a sociedade, Edison se dedicou apenas à aplicação prática, muitas vezes caminhando na contramão da evolução científica", disse. "O microbiologista francês Louis Pasteur (1822-1895) é o modelo a ser seguido não só por pesquisadores, no âmbito individual, mas também pelo próprio Estado."

O Brasil, apesar de críticas vindas do próprio meio acadêmico, tem se mostrado competitivo no ramo da inovação, especialmente no que se refere às aplicações da nanotecnologia.

“Enquanto uns dizem que ainda não fazemos inovação com a nossa ciência porque ela ainda é muito nova, somos líderes mundiais na produção de combustíveis de fonte renovável e altamente desenvolvidos nos setores petroquímico, siderúrgico, do agronegócio, de produção metal-mecânica, de equipamentos para transportes, e de papel e celulose”, explicou, ressaltando, porém, que ainda há muito em que investir.

Em seguida, o químico fez um histórico da evolução da nanotecnologia. A síntese química é utilizada racionalmente há mais de 100 anos, e com o auxílio dessa ferramenta é possível produzir pneus com partículas de negro de fumo ou de sílica, essenciais para a obtenção de borrachas de boa qualidade. Muito mais recente que a síntese química é o chamado auto-ordenamento, por meio do qual é possível obter estruturas supramoleculares e sistemas nanoestruturados.

**“Utilizando-se as ferramentas da nanotecnologia, é possível desenvolver toda sorte de materiais até então inexistentes, nas mais diversas áreas da ciência, desde medicamentos até dispositivos eletrônicos.”**

Fernando Galembeck  
Químico da Universidade  
Estadual de Campinas

A nanomanipulação, considerada a essência da nanotecnologia, ainda encontra dificuldades devido às dimensões da escala atômica. “A culpa não é de Avogadro, mas de seu número ser tão grande”, brincou Galembeck. A descoberta de Avogadro foi a de que há a quantidade de  $6,02 \times 10^{23}$  átomos em uma quantidade de elemento, expressa em gramas, igual à sua massa atômica.

Utilizando-se as ferramentas da nanotecnologia, é possível desenvolver toda sorte de materiais até então inexistentes, nas mais diversas áreas da ciência, desde medicamentos até dispositivos eletrônicos.

O químico da Unicamp se valeu do exemplo das falhas em satélites ocasionadas pela utilização de grafite como lubrificante para mostrar a importância dos estudos no setor químico em nível molecular. “Historicamente pensou-se que o atrito entre lâminas de grafite fosse baixo e daí a idéia de sua utilização como lubrificante”, contou. “Mas o que diminui a coesão são as camadas de gases entre as partículas sólidas. Como fora da atmosfera terrestre não existe ar, os equipamentos nos astros artificiais untados com grafite sempre apresentarão problemas.”

A importância do setor químico para o país, conforme Galembeck já havia explicitado, tem aumentado nas últimas décadas. Tanto que na academia foi a área de maior crescimento de produção científica desde 1981; na indústria, esse setor movimentou no

Brasil mais de US\$ 70 bilhões por ano, atrás apenas de países desenvolvidos e da China. Para ele, esse desenvolvimento acontece graças ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT) e ao trabalho da Sociedade Brasileira de Química e da Associação Brasileira da Indústria Química. Mais especificamente em nanotecnologia, de acordo com o Freedonia Group, dos Estados Unidos, em 2020 a economia norte-americana movimentará mais de US\$ 44 bilhões só em nanocompósitos poliméricos.

## Estudos de caso

Galembeck citou vários exemplos de novos materiais desenvolvidos a partir das ferramentas da nanotecnologia. Vários países já utilizam moldes antiaderentes com revestimentos estáveis de superfícies de alumínio ou hidrofóbicos, que permitem ciclos de produção mais rápidos e dispensam o uso de desmoldantes. Em circuitos impressos também, as inovações parecem vir de obras de ficção científica. Empresas norte-americanas do setor privado criam nanopartículas que substituem tintas e revestimentos condutores que, como resultado, se tornam invisíveis a olho nu. Com isso, é possível reduzir o tamanho dos circuitos e conseqüentemente dos equipamentos. “Hoje em dia é possível replicar filmes ultrafinos e até criar tintas que simplesmente não sujam”, disse o químico.

Por todo o mundo se desenvolvem essas tecnologias. “E nós? Estamos apenas vendo a banda passar?”, foi a pergunta feita e respondida pelo próprio químico. “Não. Estamos tocando nessa banda.” No Brasil, a Unicamp é uma das principais responsáveis pelo desenvolvimento e registro de patente de produtos nanotecnológicos. Como coordenador de diversas pesquisas, Galembeck mostrou que não estamos muito atrás de países desenvolvidos no que se refere à produção de nanomateriais.

A poliacrilonitrila é uma fibra acrílica amplamente utilizada no setor têxtil em associação com algodão, lã ou seda. Por meio de projeto que envolve universidade, governo e setor privado, o Brasil conseguiu produzir pioneiramente, a partir da poliacrilonitrila, fibras de carbono para aplicação em diversas áreas. As fibras de carbono, vale lembrar, são materiais estratégicos para o país devido à alta demanda. Atualmente a Embraer importa o material para utilizá-lo nas linhas de produção de aviões.

Ao falar de previsões futuras para o projeto, Galembeck fez uma espécie de convocação. “Como não fazemos parte do grupo de produtores mundiais de fibras de carbono, estamos criando competência nacional em vários pontos da cadeia produtiva. Para isso iremos precisar de mais especialistas na área, que saibam trabalhar em prol do desenvolvimento nanotecnológico.”

Outro exemplo nacional importante é o de uma polimerização em emulsão desenvolvida por uma indústria brasileira, que possibilita a obtenção de produtos diferentes a partir das mesmas matérias-primas e do mesmo procedimento experimental, apenas com mudança do tensoativo – o formador de nanoestruturas por auto-ordenamento.

O conferencista abordou também o chamado nanocompósito, produto polimérico gerado a partir de materiais já existentes e usando-se nanopartículas. “Isso já é utilizado na indústria de pneus para reduzir a permeabilidade de borrachas a gases, por exemplo. A grande vantagem é que, a partir da adição de partículas nanométricas, é possível mudar drasticamente as propriedades mecânicas de um polímero sem alterá-lo quimicamente”,

**“A nanotecnologia é capaz de gerar processos, produtos, empregos e retorno financeiro. Mas ainda falta incentivo. Seria bom se houvesse o cumprimento decente de um programa bem elaborado, como foi o PADCT.”**

Fernando Galembeck  
Químico da Universidade  
Estadual de Campinas

disse. Na perspectiva de Galembeck, o futuro próximo nos aguarda com borrachas termoplásticas recicláveis, adesivos de alto desempenho e materiais para geração de energia. Todos fabricados com tecnologia nacional.

O químico explicou que a nanotecnologia pode ser aplicada até mesmo à madeira, à argila, ao minério de ferro e ao álcool. “Com uma camada de material hidrofóbico nanorrugoso e quimicamente estável aplicado sobre uma superfície de madeira, é possível obter um móvel autolimpante, impermeável e resistente ao ataque de fungos.”

A mais promissora pesquisa entre as citadas por Galembeck, no entanto, é um pigmento branco com poros fechados que não gera poluentes em sua fabricação e apresenta muitas vantagens em relação ao dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), único concorrente disponível no mercado. O produto, chamado de Biphor, é derivado do fosfato de alumínio e não contém efluentes ambientais e toxicológicos. Uma casa da cidade de Cajati (SP) utilizada para experimentação teve suas paredes pintadas com uma solução de 50% de  $\text{TiO}_2$  e 50% de Biphor. O resultado do teste demonstrou que o produto pode ser introduzido no mercado imediatamente.

Galembeck encerrou a conferência enfatizando a capacidade da nanotecnologia de gerar processos, produtos, empregos e retorno financeiro. Mas lembrou que ainda falta incentivo. “Seria bom se houvesse o cumprimento decente de um programa bem elaborado, como foi o PADCT”, disse.

## Estudos grandiosos

As soluções para a maioria dos problemas na área de eletrônica normalmente não são simples; mas podem ser muito pequenas. Ao menos foi essa a mensagem que o engenheiro Carlos Galup-Montoro, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), o físico Newton Cesário Frateschi, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), e o engenheiro Antonio Petraglia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), passaram ao público presente no simpósio 'Microeletrônica e microsistemas', durante a 58ª Reunião Anual da SBPC.

Galup-Montoro, coordenador do evento, iniciou sua participação historiando o escalamento do transistor MOS (de metal óxido semiconductor). O transistor, inventado em 1947, é o principal responsável pela revolução da eletrônica na década de 1960. Entre suas funções, as principais são amplificar e chavear sinais elétricos. Após explicar, em termos bastante técnicos, o funcionamento da peça, o engenheiro falou sobre o processo de escalamento pelo qual esse componente eletrônico tem passado desde a sua invenção. "A redução no tamanho do transistor é consequência da chamada Lei de Moore, segundo a qual a quantidade desse componente presente em um processador de computador dobra a cada 18 meses."

O químico norte-americano Gordon Earl Moore (1929-), um dos fundadores da Intel Corporation, maior fabricante de microprocessadores do mundo, previu, em meados dos anos 1960, que a capacidade de processamento dos computadores

dobraria a cada 18 meses em consequência do aumento da quantidade de transistores, mas que isso não elevaria o custo das máquinas. Dizem que nem o próprio Moore sabe explicar de onde tirou esse período de 18 meses e que, a certa altura, ele chegou a mudar a variável para 24 meses. Mas a teoria dos 18 meses acabou se confirmando e não perdeu a validade até hoje.

**“Embora a evolução tecnológica indique a tendência de continuidade do escalamento (redução progressiva), a ciência está cada vez mais próxima de um limite físico, quando o transistor passará a se comportar de maneira diferente devido a contatos que não poderão ter menos do que algumas moléculas de espessura.”**

Carlos Galup-Montoro  
Engenheiro da Universidade  
Federal de Santa Catarina

Nos idos dos anos 60 o transistor podia ser fabricado com menos de um décimo de milímetro, ou 100 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ). As dimensões da peça seguiram uma progressão geométrica de índice negativo, reduzindo-a a  $10\ \mu\text{m}$  (um pouco maior que um glóbulo vermelho) logo na década seguinte e a  $1\ \mu\text{m}$  no final dos anos 80. “Um transistor fabricado atualmente não possui mais que  $0,1\ \mu\text{m}$ ”, disse Galup-Montoro.

O engenheiro da UFSC explicou que, embora a evolução tecnológica indique a tendência de continuidade desse escalamento, a ciência está cada vez mais próxima de um limite físico, quando o transistor passará a se comportar de maneira diferente devido a contatos que não poderão ter menos do que algumas moléculas de espessura.

A analogia de que engenheiro lançou mão foi a da evolução das aeronaves. “Da invenção do avião pelos irmãos Wright, em 1903 (a fonte dos dados era holandesa), até 1960, a velocidade máxima possível de ser atingida cresceu gradativamente, de 50 km/h a quase mil km/h. Após isso, só o Concorde, capaz de voar a mais de 2 mil km/h, ultrapassou esse limite, mas o modelo já não mais opera comercialmente”, contou. A explicação é a mesma do escalamento do transistor: não há meios físicos de dar seguimento à evolução. Acima da barreira do som (1.226 km/h), a instabilidade e a turbulência de um vôo são praticamente incontroláveis e, para atingir tal velocidade, o combustível necessário é tão grande que um avião convencional esgota seu tanque só na aceleração.

“A redução na escala do transistor MOS é de grande importância para a indústria da informática, uma vez que a quantidade de transistores determina diretamente a velocidade

de realização de cálculos de um microprocessador”, contou Galup-Montoro. O primeiro computador totalmente ‘transistorizado’ (no início as máquinas funcionavam com válvulas), fabricado pela IBM em 1954, tinha 2 mil transistores. O processador Pentium 4, da Intel, atualmente no mercado, tem aproximadamente 42 milhões.

A oferta acompanha a demanda. “O número de transistores comercializados anualmente já ultrapassa a décima-oitava potência de 10, ou seja, há uma quantidade superior a um quintilhão desses componentes fabricados por ano.” Como qualquer produto, proporcionalmente ao crescimento da produção, o transistor tem seu preço reduzido. Em 1968, um transistor custava em média um dólar, e seu valor atual está em 0,0000005 da mesma moeda, segundo cálculo realizado pela Intel em 2002.

## **Tendências e desafios**

Frateschi deu um panorama mais geral da microeletrônica, contextualizando avanços desde o surgimento da área até desafios futuros em diversos ramos. Em continuidade ao discurso de Galup-Montoro, o diretor do Centro de Componentes Semicondutores da Unicamp apresentou o primeiro grande problema em termos de CMOS (Semicondutores de Óxido Metálico Complementar, na sigla em inglês): a redução da espessura dos metais condutores leva à expectativa de se chegar a um circuito com apenas 22 nanômetros em 2011, o que exigirá um novo tipo de material.

“Uma solução poderia ser os nanotubos de carbono, hoje tão em voga”, declarou Frateschi. Tais estruturas são obtidas de várias formas, uma delas através da decomposição de hidrocarbonetos (compostos que contêm apenas carbono e hidrogênio) sobre partículas metálicas que catalisam a reação. Os nanotubos possuem guias de onda de elétrons quase perfeitos e bandas simétricas, o que permite sua utilização como interconectores em microsistemas. “Mas surge aí um grande problema: como controlar os nanotubos, uma vez que eles, independentemente de ação humana, crescem e criam novas conexões por meio de reações químicas?”

Sem solução evidente para o desafio, Frateschi prosseguiu falando sobre a aplicação do universo micro na optoeletrônica, que se refere a dispositivos que interagem com luz. A área tecnológica movimenta mais de US\$ 13 bilhões por ano, segundo levantamento da Reed Electronics Research. “As possibilidades na optoeletrônica com microsistemas são muitas: desde a criação de mecanismos de sensoriamento óptico, químico e biológico e dispositivos de armazenamento de dados até a substituição de fontes semelhantes de

menor eficiência energética. Ainda nessa linha há aplicação possível em sinalização e iluminação, por exemplo”, disse o físico.

Para um futuro próximo, na área de telecomunicações há a tendência de uma integração monolítica, ou seja, da integração de diversos componentes em um único bloco de silício, além de operação sem resfriamento e da criação de amplificadores. Entre diversas outras previsões, Frateschi falou sobre *microlasers* e integração optoeletrônica em novos sensores.

**“As possibilidades na optoeletrônica com microsistemas são muitas: desde a criação de mecanismos de sensoriamento óptico, químico e biológico e dispositivos de armazenamento de dados até a substituição de fontes semelhantes de menor eficiência energética.”**

Newton Cesário Frateschi  
Físico da Universidade  
Estadual de Campinas

“Juntamente com a miniaturização dos componentes de um sistema, há a multiplicação da capacidade lógica”, disse o físico, referindo-se novamente à lei de Moore. “Hoje estão disponíveis no mercado aparelhos celulares que funcionam como *handhelds* (computadores de bolso), câmeras digitais e tocadores de música em formato MP3 ao mesmo tempo”. Outros exemplos são de implantes cerebrais com eletrodos micrométricos, aliados à alimentação e comunicação por via óptica, e sistemas de monitoramento e mapeamento agrônômico físico-químico sem fio. “Tudo isso seria impossível sem a microeletrônica.”

Um caminho bastante trilhado na produção de microsistemas que alia bom desempenho e baixo custo é o da heterointegração, diferente da integração monolítica por criar interconexões, mas não unir todos os componentes do sistema em um único bloco de silício.

O conceito de System in Package (SIP) é utilizado para denominar módulos complexos miniaturizados para implementação completa em um circuito. Quando a tecnologia está em um único *chip*, é chamada de System on Chip (SOC). Outra forma de encapsulamen-

to que tem sido explorada nos últimos tempos é a System on Package (SOP), que diz respeito a equipamentos multifunção e dispositivos complexos integrados em um pequeno pacote de dimensões implantáveis. Frateschi apresentou caminhos para a miniaturização de alguns sistemas, com destaque para moduladores que, integrados monoliticamente, podem alcançar taxas de transferência da ordem de 10 *gigabytes* por segundo em distâncias de até 100 km.

O físico encerrou sua palestra estabelecendo uma relação entre nanotecnologia e microeletrônica. Para ele, a trilha a ser traçada é a da miniaturização e da integração, mas a busca não deve ser por sistemas completos em dimensões nanométricas. “Nanotecnologia é certamente parte desse futuro, mas não o todo.”

## Estudo de caso

Para encerrar o simpósio, Petraglia apresentou uma aplicação prática da microeletrônica. Como um dos pesquisadores responsáveis pelo Laboratório de Processamento Analógico e Digital de Sinais (Pads), da UFRJ, o engenheiro coordena o projeto ‘Detecção de cavitação em grandes geradoras’.

Ele explicou que a passagem da água pelas pás de geradoras de energia elétrica cria turbulências que levam à formação de zonas de baixa pressão, o que, em consequência, transforma a água em bolhas de vapor. “É preciso lembrar que a água pode passar do estado líquido para o gasoso em temperatura ambiente, caso haja variação de pressão”, lembrou. O colapso das bolhas, por erosão, desgasta as turbinas, que após algum tempo ficam esburacadas.

“Monitorar e quantificar o efeito desse fenômeno e indicar a ocasião mais adequada para fazer a manutenção das máquinas é de grande importância para evitar interrupções desnecessárias”, contou Petraglia.

O sistema desenvolvido no Pads dispõe de um acelerômetro que capta as vibrações produzidas pelo estouro das bolhas de vapor e gera um sinal elétrico que é processado para se estimar o nível de cavitação na turbina. O sinal é do tipo AM, pois o ruído de cavitação é modulado pela frequência de passagem das pás. “Depois de tratado, o componente que modula o sinal AM representa uma medida proporcional à severidade da cavitação existente.”

**“Todos os componentes do detector de cavitação são fabricados em um mesmo *chip*, o que torna o tratamento do sinal muito mais preciso, mais barato e capaz de consumir menos energia. Além disso, o detector pode ser reproduzido com perfeição e adequar-se a diversas geradoras.”**

Antonio Petraglia  
Engenheiro da Universidade  
Federal do Rio de Janeiro

Embora o processo não tenha sido bem compreendido por todo o público presente no simpósio, constituído por interessados não especialistas no assunto, o engenheiro evidenciou a grande vantagem da utilização de microssistemas. “Todos os componentes do detector de cavitação são fabricados em um mesmo *chip*, o que torna o tratamento do sinal mais preciso, mais barato e capaz de consumir menos energia”, explicou. “Além disso, o detector pode ser reproduzido com perfeição e adequar-se a várias geradoras.”

## Eles, robôs

De simpáticos dróides a temíveis exterminadores, os robôs povoam a imaginação da humanidade há várias décadas. A idéia original de autômatos nasceu em uma peça do dramaturgo tcheco Karel Capek (1890-1938), onde o *robot* era uma máquina em forma de homem capaz de fazer todo o trabalho. O conceito começou a se tornar realidade na década de 1970 e hoje é aplicado em indústrias do mundo todo – e já começa a entrar nos lares. No simpósio ‘Utilização de robôs em processos tecnológicos’, os engenheiros mecânicos Sadek Crisostomo Absi Alfaro, do Grupo de Automação e Controle (Graco) da Universidade de Brasília (UnB), Raul Guenther, do Laboratório de Robótica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e Glauco Caurin, do Laboratório de Mecatrônica da Universidade de São Paulo (USP), em São Carlos, falaram do cenário atual da robótica industrial, de projetos nacionais na área e das diversas aplicações dos autômatos.

Sadek Alfaro comentou que, atualmente, o termo robô define um dispositivo automático ou semi-automático que realiza trabalhos de acordo com um controle humano total ou parcial, ou de maneira autônoma. O engenheiro da UnB acrescentou que a palavra ‘robô’ também é usada para descrever dispositivos mecânicos sofisticados que são controlados a distância por seres humanos. “O conceito é bastante amplo e depende da complexidade”, afirmou.

O pesquisador explicou, então, que a robótica é a ciência ou o estudo associado ao projeto, fabricação, teoria e aplicação dos robôs. Seu nome foi cunhado pelo escritor de ficção científica norte-americano Isaac Asimov (1920-1992) na obra *Liar!*, de 1941. O engenheiro ressaltou que essa ciência requer conhecimentos de várias disciplinas, como eletrônica e mecânica.

Segundo Alfaro, para usar robôs no campo da indústria, é necessário levar em conta diversas características do dispositivo: geometria (como ele vai se posicionar e se orientar); desempenho (qual a sua trajetória e o seu movimento); modelo cinemático (quais são suas dimensões, sua capacidade de repetição de ações e sua precisão); e

**“Para usar robôs no campo da indústria, é necessário levar em conta diversas características do dispositivo: geometria; desempenho; modelo cinemático; e programação.”**

Sadek Crisostomo  
Absi Alfaro  
Engenheiro da  
Universidade de Brasília

programação (qual é a sua ‘inteligência’, sua capacidade de executar tarefas, que pode ser *on-line*, feita diretamente no robô, ou *off-line*, criada em modelos computacionais e enviada ao dispositivo).

A integração de autômatos na área industrial, segundo Alfaro, envolve a automação da linha de produção de uma fábrica e a integração de componentes automáticos. Seu grupo de pesquisa atua nesse campo, dedicando-se ao estudo dos robôs que operam em soldagens, pinturas e montagens. “Trabalhamos, por exemplo, com rastreamento de juntas, onde o robô aprende, através de sistemas de imagens, a reconhecer esses pontos para aplicar a solda”, explicou o engenheiro. Entre as atividades de sua equipe, ele citou ainda a prototipagem em 3D, ou seja, a construção de objetos por meio da deposição sucessiva de camadas de um mate-

rial, e várias atividades ligadas à implementação de autômatos no ambiente industrial.

Alfaro comentou que, na década de 1960, não existia muito poder computacional disponível e a idéia geral era criar um robô que fosse similar aos humanos. “Mas isso foi uma poesia”, observa. Já nos anos 1970, com o desenvolvimento da computação, começaram a ser produzidos pequenos autômatos, que simulavam insetos. Na década seguinte, de acordo com o engenheiro, os dispositivos robóticos ganharam a capacidade de manusear objetos. Nos anos 1990, a microeletrônica e a nanotecnologia foram incorporadas ao processo. “Atualmente, trabalha-se em robôs experimentais, que se assemelham mais a seres humanos”, completou Alfaro.

Dando um panorama do estado atual da robótica no mundo, o engenheiro informou que 25% dos robôs industriais que existem atualmente são empregados na área de soldagem. Mas, segundo ele, essa tendência está mudando devido à sua entrada no setor de empresas alimentícias, farmacêuticas e de eletrônicos. “A utilização de autômatos no mundo está avançando cada vez mais em áreas nas quais não se imaginava que eles pudessem entrar”, ressaltou o engenheiro. Ele listou diversas pesquisas e classes de robôs que estão sendo estudados, como a inteligência artificial e o robô médico.

“Em termos de expectativas futuras, a idéia é que haja uma massificação do uso de autômatos, ou seja, que exista um em cada casa”, expôs Alfaro. Em sua opinião, os estudos, principalmente na Ásia e na Europa, procuram maior interação dos robôs com as pessoas. Citando o desenvolvimento de um autômato humanóide na Coréia do Sul, o engenheiro aproveitou para ressaltar a diferença de investimento em robótica naquele país – que destina uma porcentagem do seu produto interno bruto para a área – e no Brasil, onde não há qualquer espécie de incentivo específico. “Mais uma vez, estamos perdendo espaço em um campo de tecnologia porque não há uma atitude do governo”, criticou.

Falando sobre o impacto dos robôs na sociedade, Alfaro comentou que no Japão, que concentra um terço da produção mundial desses dispositivos, acredita-se que a automatização do processo produtivo trouxe vantagens, enquanto nos países emergentes a crença é outra: o processo produtivo automatizado tiraria o emprego dos trabalhadores. Isso não seria percebido, a seu ver, porque o setor público estaria absorvendo essa mão-de-obra ociosa nos setores burocrático e de serviços. Quando estes estivessem saturados, a sociedade sentiria as conseqüências do uso maciço de robôs.

Questionado sobre essa relação entre aumento de automatização e desemprego, o engenheiro respondeu que a filosofia por trás desse movimento é a de liberar o ser humano do trabalho para que ele possa se dedicar a outros aspectos de sua vida. No entanto, ele acrescentou que essa tendência está intrinsecamente ligada ao mercado e, nos países em desenvolvimento, se não houver uma legislação que controle a implementação de robôs,

**“A utilização de autômatos no mundo está avançando cada vez mais em áreas nas quais não se imaginava que eles pudessem entrar.”**

Sadek Crisostomo  
Absi Alfaro  
Engenheiro da  
Universidade de Brasília

haverá certamente problemas sociais. “Por outro lado, os defensores da automatização argumentam que o aumento da produção a socializará, pois os preços cairão”, ponderou.

Respondendo a uma pergunta sobre a dificuldade de se estabelecerem parcerias nesse campo, o pesquisador explicou que as redes tecnológicas existentes no país atualmente permitem que os cientistas se conheçam e os grupos se integrem. Em sua opinião, a

**“Existem atualmente mais de 800 mil autômatos industriais no mundo. Destes, cerca de 8 mil estão no Brasil, número abaixo da média mundial. O Japão, por exemplo, conta com 350 mil. Enquanto a tendência no mundo é aumentar a aquisição de robôs, aqui ela cai.**

**Em 2000, foram compradas 700 máquinas; em 2002, 280; e em 2003, apenas 230.”**

Sadek Crisostomo  
Absi Alfaro  
Engenheiro da  
Universidade de Brasília

existência de profissionais de várias áreas acaba forçando a integração. “O mundo mudou muito de 20 anos para cá. Não existem mais as paredes”, observou.

Segundo estatísticas apresentadas pelo engenheiro, existem atualmente mais de 800 mil autômatos industriais no mundo. Destes, cerca de 8 mil estão no Brasil, um número que está abaixo da média mundial. O Japão, por exemplo, conta com 350 mil. “Enquanto a tendência no mundo é aumentar a aquisição de robôs, aqui ela cai. Em 2000, foram compradas 700 máquinas; em 2002, 280; e em 2003, apenas 230”, exemplificou Alfaro. Para 2007, a expectativa é que o total de unidades mundiais atinja a marca de 1 milhão. “Ainda assim, estaremos defasados, pois no país só existirão 10 mil robôs”, lembrou o engenheiro.

### **Projetos nacionais**

Raul Guenther explicou que há problemas tecnológicos nacionais que não têm solução na robótica desenvolvida no exterior – são questões específicas do país. “Mas temos capacidade científica e tecnológica para encontrar as respostas necessárias”, afirmou. Para exemplificar, ele citou dois trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Robótica da UFSC: o Roboturb, que recupera pás de turbinas hidrelétricas danificadas, e o veículo-manipulador, um sistema para auxiliar na

exploração de petróleo em águas profundas.

Guenther disse que o Roboturb é um projeto que nasceu da opção nacional de gerar energia a partir da hidreletricidade, que representa 92% da matriz energética brasileira.

Para a produção de energia, é necessário que a água gire o rotor da turbina, acionando o gerador. A ação constante do líquido sobre as pás do rotor as deforma e corrói, um fenômeno chamado cavitação. Esta altera o escoamento da água, provocando mais turbulência e, conseqüentemente, mais cavitação. O processo pode acabar levando a danos mais graves. Em 18 meses de operação, os defeitos acumulados alcançam a ordem de uma tonelada em material.

O reparo dos rotores é dificultado pelo seu grande tamanho (9 m de diâmetro e cerca de 300 toneladas de peso), o que requer que a recuperação seja realizada no local. Para tal, é necessário suspender a operação da turbina, esvaziar a água e montar um andaime que dá acesso às pás. Então, um indivíduo inicia o reparo com uma limpeza por soldagem, chamada de goivagem; depois, é feito um esmerilhamento para acertar a superfície, seguida de um preenchimento por soldagem; por último, um novo processo de esmerilhamento para corrigir as irregularidades. “Esse trabalho é realizado dentro da turbina, um local confinado, desconfortável e extremamente insalubre, pois acumula os gases tóxicos da solda, é quente e em condições de luminosidade adversas”, explicou Guenther.

O engenheiro declarou que seu grupo se propôs a desenvolver um processo de reparação automática dos rotores, cujos objetivos são retirar os operadores de um ambiente insalubre, elevar a resistência à cavitação e reduzir o tempo, o material e o custo da recuperação. Segundo Guenther, o elemento central do projeto é um robô, que mede a superfície corroída e aplica camadas de solda automaticamente. “Esse trabalho é intrinsecamente multidisciplinar e envolve não só laboratórios da UFSC, bem como o Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento do Paraná”, contou o engenheiro.

Como não havia soluções já prontas para o problema da cavitação, o pesquisador explicou que foi necessário estudar onde as corrosões costumam ocorrer e construir uma maquete em tamanho real do rotor. “Pensamos em várias propostas de robôs e fizemos várias simulações gráficas”, relatou Guenther, acrescentando que o grupo também

**“Há problemas tecnológicos nacionais que não têm solução na robótica desenvolvida no exterior – são questões específicas do país. Mas temos capacidade científica e tecnológica para encontrar as respostas necessárias.”**

Raul Guenther  
Engenheiro da Universidade  
Federal de Santa Catarina

construiu maquetes de madeira para testar a viabilidade dos modelos. Após a escolha daquele que mais se adequava ao projeto, elaborou-se o projeto mecânico e construiu-se um protótipo.

O engenheiro ressaltou que o desenvolvimento da tecnologia para medir a cavitação, do processo de soldagem e da construção do robô foram norteados pelo objetivo de dominar a tecnologia básica e desenvolver técnicas avançadas de robótica. “Por exemplo,

**“O desenvolvimento de projetos e a integração de seu conhecimento devem ser feitos nas nossas universidades, de maneira que o Brasil conheça os processos tecnológicos e não fique à mercê de tecnologias estrangeiras. Não podemos ficar como nossos ancestrais, tão deslumbrados que trocamos nossas riquezas por espelhos e contas.”**

Raul Guenther  
Engenheiro da Universidade  
Federal de Santa Catarina

criamos um controlador que foi aproveitado em um autômato mais antigo e também elaboramos sistemas de controle de movimento que não existiam antes no mundo”, revelou Guenther. Ele disse que os resultados se originaram de teses de mestrado e doutorado do grupo, nas quais se associou o problema real com soluções tecnológicas novas.

O projeto do Roboturb ainda está em andamento, pois o robô ainda não é capaz de realizar a etapa final de acabamento. Para isso, será necessário, na opinião do engenheiro, vencer novos desafios, como o de o autômato realizar o movimento aplicando uma força apropriada para o trabalho. “Estimamos fazer isso em quatro ou cinco anos, pois também não existe nenhuma solução pronta no mundo”, observou Guenther.

O segundo projeto do Laboratório de Robótica visa criar um robô submarino com um braço manipulador que seja utilizado na exploração petrolífera realizada em grandes profundidades, onde os humanos não podem ir para fazer a manutenção dos equipamentos. “Esse também é um problema particular do Brasil, cuja produção de petróleo se concentra no oceano”, destacou o

engenheiro. Nesse projeto, que conta com a colaboração da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o grupo de Guenther é responsável por estabelecer como devem ser coordenados os movimentos do veículo e do braço, e desenvolver o acionamento hidráulico, já que a versão elétrica é imprópria para uso debaixo d’água.

Guenther afirmou que seu objetivo foi mostrar também que o desenvolvimento de projetos e a integração de seu conhecimento devem ser feitos nas nossas universidades,

de maneira que o Brasil conheça os processos tecnológicos e não fique à mercê de tecnologias estrangeiras. “Não podemos ficar como nossos ancestrais, tão deslumbrados que trocamos nossas riquezas por espelhos e contas”, brincou.

## Múltiplas aplicações

Glauco Caurin falou sobre conceitos importantes no campo da robótica. Segundo ele, sistemas ou empresas totalmente automatizadas são um paradigma ultrapassado. “Tanto ninguém quer isso, quanto não é financeiramente atraente”, reforçou. Outra questão levantada por ele é a de que atualmente procura-se construir máquinas que realizem tarefas que os humanos não desejam, não podem ou não devem fazer. Para o engenheiro, a idéia é trabalhar com robôs capazes de cooperar – adaptar a máquina aos humanos e não o contrário.

Caurin listou situações nas quais a utilização de robôs é aplicável, como no caso de necessitar preservar o equipamento ou do objeto de estudo. Esse é o caso de salas cirúrgicas, por exemplo, para as quais foi desenvolvido um robô que filma as cirurgias, evitando assim que os estudantes de medicina tenham que ficar na sala de operação. A integridade do usuário também motiva o emprego de autômatos. A concretagem de túneis é uma atividade perigosa, pois há o perigo de desabamentos. Por meio de um robô, é possível conduzir o trabalho remotamente. Autômatos são apropriados para trabalhos que envolvem repetição, mas que precisam ser confiáveis. O engenheiro citou o manipulador de *chips* de DNA como exemplo desse cenário.

**“Atualmente procura-se construir máquinas que realizem tarefas que os humanos não desejam, não podem ou não devem fazer. A idéia é trabalhar com robôs capazes de cooperar – adaptar a máquina aos humanos e não o contrário.”**

Glauco Caurin

Engenheiro da Universidade de São Paulo, em São Carlos

Os robôs podem ser aplicados ainda em trabalhos monótonos ou repetitivos. Caurin usou como exemplos a fisioterapia, onde, por exemplo, a monotonia dos exercícios pode levar o profissional a não realizar todos os procedimentos. Entre os trabalhos citados nessa área, estão o de uma bicicleta fisioterápica para crianças. Ele falou ainda do Minerva, um autômato que realiza todas as etapas de preparação do paciente para uma neurocirurgia. “O objetivo aqui é o mesmo: a máquina não substitui o cirurgião, ela apenas se encarrega da tarefa chata”, completou.

Ampliar ou recuperar as capacidades dos seres humanos é outra possível aplicação para os robôs. Caurin mencionou diversos projetos nesse campo, tanto militares quanto médicos, em especial o de uma mão artificial desenvolvida pelo seu grupo. Próteses de membros superiores, de acordo com o pesquisador, são os itens com maior índice de rejeição – na Europa, ele chega a 70%. Além disso, o custo para uma mão comercial com capacidade de abertura e fechamento e rotação é de cerca de R\$ 72 mil. “Ou seja, uma pessoa compra essa prótese por esse preço e depois de seis meses joga no lixo porque não consegue se adaptar ao sistema”, revelou o engenheiro.

Os pesquisadores então desenvolveram uma mão com cinco dedos, cada um com mobilidade independente. Ela é feita de poliuretano à base de óleo de mamona, que

**“Não há uma legislação que estimule as empresas a montar parcerias com as universidades. Seria interessante que a sociedade olhasse com carinho para essa necessidade.”**

Glauco Caurin

Engenheiro da Universidade de São Paulo, em São Carlos

é um produto biocompatível, isto é, o organismo reconhece essa estrutura como parte dele e não a rejeita. Caurin observou que esse é um projeto ambicioso e ainda não obteve completo sucesso, mas que o grupo se preocupa em repassar as tecnologias desenvolvidas para a sociedade. Para tanto, por meio de uma parceria com o Hospital das Clínicas da USP eles transferem parte dos sistemas criados para o protótipo para próteses comerciais. “Há um mês, conseguimos que a informação do tato e do calor fosse transmitida para o usuário. Ele virou um termômetro ambulante, pois é capaz de medir a temperatura dos objetos com mais precisão que alguém com mão natural”, afirmou o engenheiro.

Caurin disse que a área de maior interesse na robótica hoje é a de micro e nanorrobôs. Em sua opinião, a interdisciplinaridade nesse campo é muito forte e é necessário que os vários grupos se unam para usar os poucos recursos disponíveis para fomentar trabalhos na área, como a manipulação de células e de pequenos diamantes e a criação de enxames de robôs. “Não podemos ficar para trás. Esses são projetos estratégicos”, alertou. Ele criticou a ausência de uma legislação que estimule as empresas a montar parcerias com as universidades. “Seria interessante que a sociedade olhasse com carinho para essa necessidade”, salientou.

## Tecnologia para avançar mar adentro

O Brasil tem se destacado na exploração e produção de petróleo, fato que permitiu que o país atingisse a auto-suficiência no setor em 2006. Esse sucesso deve-se ao investimento em pesquisa e no desenvolvimento de novas tecnologias, já que a atividade petrolífera nacional se realiza essencialmente em águas marinhas profundas e ultraprofundas, o que obriga o uso de técnicas e equipamentos cada vez mais avançados. Somam-se ao ambiente hostil as características do óleo brasileiro, considerado pesado, o que dificulta seu refino para a obtenção de derivados mais leves. Esses e outros desafios do setor petrolífero foram apresentados no simpósio 'Novas tecnologias em produção de petróleo', em que especialistas da área também mostraram iniciativas para suprir as demandas da atividade rumo à manutenção de seu nível de excelência no futuro.

O engenheiro mecânico Fernando de Almeida França, da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), ressaltou o papel do desafio para o desenvolvimento tecnológico. "O desafio é a força motriz dos grupos de pesquisa e sua superação rende dividendos ao país, representados pelo domínio da técnica e sua propriedade intelectual e comercial." Ele traçou um histórico da atividade petrolífera desenvolvida no Brasil,

lembrando que a produção teve início no final da década de 1940 e início da década de 1950. “Nosso primeiro desafio foi começar a explorar petróleo por meio de uma companhia nacional”, avaliou.

França disse que, em meados da década de 1960, a produção dos campos da Bahia começou a cair e foi feito um relatório que afirmava não haver petróleo em terra no Brasil, porque nossas bacias sedimentares se formaram há muito tempo (período Paleolítico). Então, decidiu-se concentrar os esforços de exploração nas bacias sedimentares da plataforma continental brasileira (de idade mais recente), o que gerou novos desafios, devido ao aumento acentuado da profundidade de água em relação ao afastamento da costa, à dificuldade de acesso, à pressão maior, à temperatura menor, ao maior custo operacional e à indisponibilidade de tecnologia apropriada.

**“O desafio é a força motriz dos grupos de pesquisa e sua superação rende dividendos ao país, representados pelo domínio da técnica e sua propriedade intelectual e comercial.”**

Fernando de Almeida França  
Engenheiro mecânico  
da Universidade Estadual  
de Campinas

Atualmente, a maior parte do petróleo brasileiro vem do mar e as reservas são crescentes: passaram de 9,6 bilhões de barris de óleo equivalente (boe) em 2001 para 12,5 bilhões de boe em 2006. Esse aumento de 30% também foi verificado na produção, que subiu de 1,57 milhão de boe por dia em 2001 para 2 milhões de boe/dia em 2006. A evolução da produção fez com que seu nível se igualasse ao do consumo, que aumentou de 1,8 milhão de boe/dia em 2001 para 2 milhões de boe/dia em 2006. O custo de produção, sem contar os gastos com refino e impostos, do barril de óleo equivalente era de US\$ 3,30 em 2004.

Segundo França, cerca de 94% do petróleo brasileiro é produzido na bacia de Campos (RJ), em plataformas situadas a uma distância média de 100 km da costa. A produção é transferida para terminais em terra por meio de navios petroleiros (81%) e oleodutos ou gasodutos (19%), que são mais econômicos e seguros. Desde a decisão de buscar resultados mais promissores no mar, o Brasil tem conseguido produzir petróleo em profundidades cada vez maiores, tendo alcançado diversos recordes mundiais. “Em 2000, produzia-se no campo de Roncador (na bacia de Campos) a 1.877 m de profundidade, e, de forma exploratória, se chegou a um poço de 2.851 m em fevereiro de 2002”, contou o engenheiro.

Diante do panorama atual da atividade petrolífera no Brasil, o engenheiro mecânico apontou alguns desafios a vencer: “A profundidade crescente faz com que as pressões sejam maiores e as temperaturas menores, o que exige equipamentos mais resistentes”. Na bacia de Campos, por exemplo, a temperatura é de cerca de 4 °C e, em profundidades superiores a 300 m, a chegada de mergulhadores não é segura, tornando necessário o uso de robôs submarinos. É preciso também garantir o escoamento da produção, pois a temperatura decrescente aumenta a viscosidade do óleo, que, além de chegar aos dutos acompanhado de água, gás e areia, torna-se mais propício a depositar parafinas que entopem as tubulações. Outro desafio é tratar a areia impregnada com óleo antes de lançá-la no mar e separar a água do óleo antes de descartá-la. Segundo França, também são necessários novos métodos para elevar a produção artificialmente até a superfície, bem como novos requisitos para a medição fiscal, materiais mais aprimorados, equipamentos mais bem planejados e plataformas mais amplas e seguras.

### **Alternativas submarinas**

O engenheiro naval e oceânico Segen Farid Estefen, coordenador do Laboratório de Tecnologia Submarina da Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), apresentou um estudo que avaliou diferentes opções de sistemas submarinos de produção para um campo de gás *offshore* no Brasil, considerando a viabilidade técnica, a confiabilidade operacional e o retorno financeiro para o investimento. O trabalho, feito por alunos de graduação em engenharia naval na UFRJ e orientado por Estefen, foi classificado em 1º lugar na edição de 2005 da International Student Offshore Design Competition, prêmio concedido pela Sociedade Norte-americana de Engenharia Naval e pela Sociedade Norte-americana de Engenharia Mecânica.

Segundo Estefen, o estudo analisou três cenários para a produção de gás *offshore* em um campo real – não identificado a pedido da Petrobras. O campo fica a 160 km da costa brasileira, a uma profundidade de 500 m (reduzida para 180 m a 140 km da costa), e tem oito poços com vazão inicial de 20 milhões de m<sup>3</sup> por dia de gás e 2 mil m<sup>3</sup> por dia de condensado (óleo e água). A temperatura média do reservatório é de 140°C e a da água do mar, 9°C.

O primeiro cenário usa uma plataforma semi-submersível (estrutura oceânica desenvolvida especialmente para sofrer a mínima interferência do movimento do mar e manter o plano), ligada a oito poços situados a 500 m de profundidade a 160 km da

costa. Estefen explicou que, nesse sistema, o gás sobe para a plataforma, onde é separado, e depois passa por um duto flexível ligado a uma torre rígida, que o leva até dutos submarinos para ser transportado.

No segundo cenário, o gás é levado por dutos submarinos para águas mais rasas, onde se instala uma plataforma fixa, chamada jaqueta. Segundo o engenheiro, cada conjunto de quatro poços (localizados a 160 km da costa) é ligado, através de um equipamento (chamado árvore-de-natal) instalado na cabeça de cada poço para garantir barreiras de segurança, a um sistema de dutos e válvulas (*manifold*) que permite a operação de vários poços simultaneamente. Os *manifolds* controlam e enviam a produção através de dois dutos rígidos de 18 polegadas (") até a plataforma (colocada a 140 km da costa, em uma profundidade de 180 m), de onde o gás, após sua separação, é levado para a terra por meio de um duto rígido de 22".

**"O caminho da  
humanidade é a  
automação, para que  
o homem não tenha  
que se expor a  
atividades hostis."**

Segen Farid Estefen  
Engenheiro oceânico da  
Universidade Federal  
do Rio de Janeiro

Já no terceiro cenário, chamado *subsea to beach*, não há plataforma. Os dois conjuntos de quatro poços são conectados, através das árvores-de-natal instaladas nos poços, a dois *manifolds*, cada um ligado a um duto rígido de 22" usado para levar a produção para a terra. "O sistema é parecido com o do segundo cenário, mas sem a plataforma para fazer a separação do gás", explicou Estefen. Segundo ele, a idéia é que seja desenvolvido um equipamento seguro para que a separação possa ser feita no fundo do mar sem poluir. "O grande desafio seria isolar as linhas", afirmou. E defendeu: "O caminho da humanidade é a automação, para que o homem não tenha que se expor a atividades hostis".

Estefen destacou uma questão vital que precisa ser observada nos três cenários: a garantia do escoamento da produção. Segundo ele, na construção de dutos, geralmente a pressão é levada em conta, mas não a temperatura. "A alta pressão, combinada à baixa temperatura na presença de água, faz com que se formem blocos de hidratos que entopem as tubulações", explicou. Os hidratos de gás são estruturas sólidas, visualmente semelhantes ao gelo, formadas quando o gás natural entra em contato com a água nessas condições de temperatura e pressão. Para evitar esse problema, há duas alternativas: isolamento térmico dos dutos ou injeção contínua de um produto químico chamado MEG (monoetileno glicol).

O engenheiro contou que foi feito um estudo para verificar a formação de hidratos em cada cenário e testar as alternativas mais adequadas. No primeiro cenário, não se formariam hidratos; no segundo, seria necessário isolamento térmico para que o problema não ocorresse. “Testamos com sucesso uma camada externa de polipropileno sólido (com espessura de 0,25”) e uma interna de espuma de polipropileno (com espessura de 0,25”).” Estefen ressaltou que, para o terceiro cenário, a situação é mais complicada, porque não é feita a separação de gás e água. “Conseguimos evitar a formação de hidratos usando polipropileno sólido (com espessura de 0,25”) para a camada externa e espuma de polipropileno (com espessura de 1”) para a interna.” Segundo ele, a equipe também avaliou a quantidade de MEG a ser injetada para impedir a formação de hidratos sem encarecer desnecessariamente o processo e constatou que a concentração ideal do produto é de 30% em relação à água produzida junto com o gás. Além disso, é preciso observar a espessura e o diâmetro dos dutos.

O grupo também fez análises de risco e custo em cada um dos cenários projetados. “É preciso avaliar a probabilidade de perda parcial ou total da produção”, ponderou Estefen, ressaltando que a atividade está sujeita a eventos inesperados, como ondas-fantasmas, que surgem sem que se possa prever. Segundo ele, no primeiro cenário, com a plataforma semi-submersível, o risco de haver perda total da produção é baixo, porque dependeria de falha no duto que exporta o gás para a terra ou nos oito poços simultaneamente. Mas o risco de perda parcial é alto, pois bastaria a falha em um dos equipamentos que operam qualquer um dos poços. No segundo cenário, com a plataforma fixa, o risco de perda total é maior que o de perda parcial. “Observamos uma ligeira vantagem no terceiro cenário, porque não são empregados equipamentos submarinos de baixa confiabilidade”, afirmou. Em relação ao custo, o pesquisador disse que o sistema *subsea to beach* também tem retorno financeiro ligeiramente melhor.

Estefen ressaltou que a escolha do sistema de produção deve levar em conta toda a operação do campo. “É preciso avaliar bem as opções existentes, já que o investimento é alto”, completou. Segundo ele, o estudo apontou que o sistema mais promissor para o campo analisado é o *subsea to beach*, que não usa plataforma. Mas, para que esse novo conceito se torne uma alternativa atrativa, deve-se investir no desenvolvimento de tecnologias adicionais associadas à separação submarina de gás e água e à compressão submarina de gás para transporte. O engenheiro contou que já existe um sistema desse tipo em teste na Noruega. E acrescentou: “Se tivermos, em um futuro próximo, a capacidade de desenvolver as tecnologias necessárias, será uma revolução”.

## Novas fronteiras

O engenheiro mecânico Geraldo Spinelli Ribeiro, gerente de elevação e escoamento da área de exploração e produção da Petrobras, reforçou que a auto-suficiência atingida pelo Brasil no setor de petróleo se deve a um esforço feito ao longo de vários anos. Ele fez um breve relato sobre a história do petróleo, lembrando que a moderna indústria petrolífera surgiu nos Estados Unidos em 1850 e que a tecnologia foi fundamental para a evolução do uso desse recurso tanto pelo consumidor quanto pelo produtor. “Inicialmente o petróleo

**“A auto-suficiência atingida pelo Brasil no setor de petróleo se deve a um esforço feito ao longo de vários anos. A moderna indústria petrolífera surgiu nos Estados Unidos em 1850 e a tecnologia foi fundamental para a evolução do uso desse recurso tanto pelo consumidor quanto pelo produtor.”**

Geraldo Spinelli Ribeiro  
Gerente de elevação e escoamento da Petrobras

era usado até como remédio. Então, pensou-se em empregá-lo na geração de um produto que substituísse o óleo de baleia na iluminação pública”, contou, acrescentando que a produção de petróleo teve início após a idéia de usar uma tecnologia antiga de perfuração de minas de sal.

Segundo Ribeiro, após um período de *boom* e crise, o preço do barril de petróleo atingiu um mínimo histórico em 1997, quando começou a subir novamente até chegar a um pico de US\$ 78,40 em julho de 2006. Nesse cenário, ele citou ainda um estudo de um geólogo da empresa norte-americana Exxon Mobil que indicou que a produção mundial de petróleo atingiria seu pico em 2006. “Atualmente já se vê um lento crescimento das reservas, o que empurra o preço do petróleo para cima”, ponderou, acrescentando que não enxerga grandes perspectivas de uso de energias renováveis em larga escala nos próximos anos.

Ribeiro afirmou que os desafios para manter o fornecimento de petróleo no nível do consumo se concentram na produção em águas profundas, no aproveitamento de óleos pesados e viscosos e na recuperação

do volume de petróleo que não se consegue drenar dos campos devido a dificuldades como queda de pressão. “Quando o poço é perfurado, o óleo sai com pressão, mas, à medida que o volume do líquido diminui, pode haver a liberação de uma quantidade maior de gás, que se desprende do óleo, caso a pressão do reservatório não se mantenha, seja pela ação de um aquífero natural ou por injeção de água”, explicou. Ele enfatizou

que, ao lado desses desafios, surgem necessidades tecnológicas em diversas etapas da produção, desde o poço, passando pela coleta, até o transporte e armazenamento.

Segundo o engenheiro, a maioria dos reservatórios, mesmo aqueles explorados economicamente ao longo de anos, tem reduzido grau de recuperação: apenas uma fração das reservas totais consegue ser recuperada através dos métodos tradicionais de injeção de água para empurrar o óleo. “Ao final da vida produtiva, não são raros os casos de campos abandonados com mais da metade da quantidade original de petróleo ainda não produzida”, contou, explicando que essa fração aumenta quando o óleo é mais pesado. E concluiu: “É preciso mapear no reservatório onde a água injetada não conseguiu varrer o óleo e desenvolver métodos específicos para recuperá-lo”.

Outra medida fundamental para a exploração de um campo, segundo Ribeiro, é conhecer as propriedades petrofísicas do reservatório e do escoamento de óleo, gás e água no meio poroso, o que permite prever a localização e a movimentação dos fluidos ao longo da vida produtiva do campo. “Isso pode ser feito através de análises sísmicas combinadas com informações relativas aos poços, colhidas durante a perfuração”, disse. O engenheiro acrescentou que é preciso modelar e simular melhor os processos físico-químicos que acontecem no reservatório e avaliou que ainda há muito a ser feito para melhorar o mapeamento e a descoberta de reservatórios.

Ribeiro destacou também a possibilidade de se construírem no Brasil sistemas de completação seca, em que a cabeça do poço fica na plataforma (em vez de no fundo do mar, como ocorre com os sistemas de completação molhada), o que seria mais adequado à produção de óleos pesados. Ele citou ainda uma tecnologia que revolucionou a produção: os poços horizontais e multilaterais, em que uma broca pode ser guiada por sensores a partir da superfície para regiões do reservatório onde existe mais óleo. Em relação ao poço, o maior desafio seria seu alto custo, especialmente em águas profundas. “O custo da diária de uma sonda de perfuração adequada às condições de águas profundas atualmente pode chegar a centenas de milhares de dólares e, em campos de óleos pesados, os riscos de perda de poços são grandes”, disse. Outro investimento importante seria no controle da produção de areia carregada com óleo.

Para Ribeiro, na etapa de produção, um dos principais desafios seria eliminar o processo ou reduzir significativamente o tamanho das plataformas e navios de produção. “A tendência é automatizar toda a operação no fundo do mar”, disse, acrescentando que já existem alguns equipamentos no Brasil para esse fim e que esse sistema já está sendo projetado para produzir em campos de gás daqui a aproximadamente 10 anos.

O engenheiro defendeu ainda a adoção do gerenciamento digital integrado, uma forma de gerir os processos produtivos aplicando tecnologias da informação, automação, simulação e modelagem, além de monitoração e controle em tempo real, para otimizar a produção e os custos e aumentar a recuperação.

Entre os novos desafios da indústria do petróleo brasileira, França destacou a mudança de característica do óleo. “Os óleos leves dominaram o cenário ao longo da história,

**“O Brasil hoje exporta óleo pesado por causa da falta de capacidade para refiná-lo em território nacional. É necessário investir em tecnologias que ajudem a superar esses obstáculos. Analistas afirmam que em 2010 o país terá que produzir entre 10% e 20% de óleo pesado para que o cenário favorável da atualidade seja mantido.”**

Fernando de Almeida França  
Engenheiro mecânico  
da Universidade Estadual  
de Campinas

porque sua produção é tecnicamente mais fácil – e, portanto, tem custo menor –, além de render, depois do refino, produtos com maior valor agregado, como GLP (gás liquefeito de petróleo), gasolina, querosene e diesel”, comentou. Ele explicou que, nos reservatórios de óleo pesado, há menos gás, os fatores de recuperação do óleo e produtividade são baixos e o grau de acidez é maior, o que pode gerar corrosão nos equipamentos de produção. No entanto, existe a perspectiva de que, em médio prazo, quase metade das reservas brasileiras seja composta por óleos pesados. “O Brasil tem hoje 2,9 bilhões de boe de óleo pesado já comprovados”, acrescentou o engenheiro da Unicamp.

No mundo, as reservas de óleo pesado chegam a 435 bilhões de boe, sendo que 57% delas estão na América do Sul (a maior parte na Venezuela). A quantidade de óleo leve é de 600 bilhões de boe, dos quais 50% já foram produzidos. Segundo França, reservas de petróleo pesado têm sido colocadas em produção – quando a atividade é economicamente viável –, basicamente a partir das mesmas técnicas usadas para produzir óleo leve. Em 2004, o óleo pesado não representou mais que 12% da produção mundial, que foi de 25 bilhões de boe. O engenheiro mecânico afirmou que, no Brasil, a participação dos óleos pesados no volume produzido é insignificante. “Há apenas pequenos volumes de campos em terra e produções em teste nos campos marítimos. Mas até então o país não produziu qualquer campo de óleo pesado na bacia continental por não dispor de tecnologia para tanto.” Ribeiro esclareceu que tal afirmação depende da definição

de óleo pesado que se está adotando. “Por exemplo, o óleo de Marlim, o maior campo produtor do Brasil, em certos aspectos pode ser considerado pesado. O nosso desafio é produzir *offshore*, em grandes volumes, óleos ainda mais pesados”, completou.

Questionado se a baixa produção de óleo pesado no Brasil se deve ao custo ou à falta de tecnologia, Ribeiro concordou que o fator tecnológico pesa muito. “A produção mundial de óleo pesado atualmente é feita em terra e, no Brasil, a maior parte desses recursos está no mar”, justificou. França acrescentou que o Brasil hoje exporta óleo pesado por causa da falta de capacidade para refiná-lo em território nacional. Ele alertou para a necessidade de se investir em tecnologias que ajudem a superar esses obstáculos: “Analisatas afirmam que em 2010 o país terá que produzir entre 10% e 20% de óleo pesado para que o cenário favorável da atualidade seja mantido”.

## CIÊNCIA DOS MATERIAIS

Polímero produzido a partir da cana-de-açúcar deve invadir o mercado nos próximos anos

# Plástico ecologicamente correto

Uma das preocupações da sociedade contemporânea é com a previsão do esgotamento das reservas internacionais de petróleo. Ao menos no que se refere à produção de plásticos, que depende da indústria petroquímica, essa inquietação não tem mais razão de ser. No simpósio 'Plásticos biodegradáveis', realizado durante a 58ª Reunião Anual da SBPC, o biólogo José Gregório Cabrera Gomez, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), e a bioquímica Luiziana Ferreira da Silva, da Universidade de São Paulo (USP), falaram sobre os estudos que levaram ao desenvolvimento de um novo material, apresentado por eles como ambientalmente sustentável e pelo empresário Roberto Nonato, da PHB Industrial, como economicamente competitivo.

Plástico biodegradável é a denominação que se dá a um material relativamente novo que, ao substituir os polímeros derivados do petróleo, traz uma série de benefícios para o meio ambiente. Primeiro porque, além de levar apenas um ano para se degradar – em vez dos dois séculos que demora o plástico comum –, o composto pode virar adubo orgânico. Segundo porque não depende da indústria petroquímica para ser produzido, não liberando, portanto, gases que ocasionam o efeito estufa. Em terceiro lugar porque sua fabricação em larga escala pode dar destino a milhões de toneladas de material orgânico desperdiçados atualmente.

No Brasil, as principais pesquisas em bioplásticos a partir da cana-de-açúcar estão sendo realizadas no IPT e na USP e se

voltam para a produção do PHB (polihidroxibutirato), além de outros polímeros da família do PHA (polihidroxialcanoato), um polímero gerado por ação de bactérias e que pode ter diversas aplicações, desde embalagens até material para suturas e meios de cultura de tecido para implantes.

Os PHAs são produzidos naturalmente pela bactéria *Burkholderia sacchari* após alimentação por carboidratos. “Em condições apropriadas de cultivo bacteriano, os PHAs se acumulam na forma de grânulos intracelulares, que podem ser separados e removidos após o rompimento celular, gerando uma resina com propriedades semelhantes às do plástico de origem petroquímica”, explicou Silva.

No IPT, o projeto de pesquisa envolveu inicialmente a seleção de linhagens PHA+ (clones bacterianos produtores de PHA) encontradas no solo de canaviais. Foram selecionados 75 clones que revelaram uma grande variedade de espécies. “Além de produzirem PHB, o produto que buscavam na época, muitas bactérias fabricavam outros polímeros interessantes”, disse a bioquímica. Foram detectadas, por exemplo, linhagens capazes de usar xilose e outros açúcares presentes no hidrolisado do bagaço da cana-de-açúcar, até então um rejeito de baixo valor econômico.

Na etapa de comparação da eficiência produtiva de PHA, foi selecionada a espécie identificada como *Burkholderia* sp, entre outras espécies de bactérias. As linhagens foram minuciosamente analisadas, avaliando-se velocidade de crescimento, capacidade de acúmulo de polímero e eficiência em converter sacarose em PHB. *Burkholderia* sp foi escolhida por apresentar melhor desempenho e por não ser patogênica. No entanto, após completo exame de identificação, verificou-se que as características dessa espécie não coincidiam com as já conhecidas do gênero *Burkholderia*. Ficou constatado que se tratava de uma nova espécie, denominada então de *Burkholderia sacchari* por ter sido isolada a partir do solo de canaviais.

As etapas seguintes envolveram o estudo e o melhoramento da linhagem selecionada e o desenvolvimento do processo de produção. O grupo de pesquisa fez melhoramento genético da espécie e obteve um mutante com maior capacidade de acumular o copolímero PHB-co-HV quando alimentado com sacarose e propionato.

**“Todo o modelo de implantação da nova resina é ambientalmente correto. Após mais de 10 anos de pesquisa, a tecnologia foi transferida para a indústria.”**

Luiziana Ferreira da Silva  
Bioquímica da  
Universidade de São Paulo

Silva garantiu que todo o modelo de implantação é ambientalmente correto. Após mais de 10 anos de pesquisa, a tecnologia foi transferida para a indústria.

## Escala industrial

Desde 2000, a PHB Industrial produz cerca de 4 a 5 toneladas mensais de plástico biodegradável a partir da sacarose presente no açúcar. Toda a produção é exportada para os Estados Unidos, a Alemanha e o Japão, entre outros países.

Roberto Nonato explicou como funciona a produção do plástico biodegradável na PHB Industrial. O processo tem início com o cultivo de bactérias em biorreatores, empre-

**“No projeto Biocycle, além de aproveitar toda a energia do hidrolisado da cana, podem-se fabricar embalagens plásticas que, quando descartadas, servem como fertilizante para os próprios cultivos de cana-de-açúcar.”**

Roberto Nonato  
Empresário da PHB Industrial

gando-se sacarose e glicose como matérias-primas. Os microrganismos alimentam-se desses açúcares e os transformam em polímeros. Para as bactérias, esses polímeros são uma reserva de energia, semelhante à reserva de gordura nos mamíferos.

A fase seguinte é a de extração e purificação do PHB acumulado nas bactérias. Utilizando-se um solvente orgânico, quebra-se a parede celular dos microrganismos, e os grânulos do biopolímero então são liberados. Calcula-se que, para obter 1 kg de plástico, sejam necessários 3 kg de açúcar.

Nonato apresentou ao público como sustentar a produção do biopolímero do ponto de vista industrial. “A produção do plástico requer três elementos básicos: matéria-prima de alta produtividade, fonte de energia renovável e um parque industrial para estoque, manufatura e logística”, disse. “A cana-de-açúcar tem uma produção média de 85 toneladas por hectare só no estado de São Paulo, contra 2,8 toneladas de soja no Paraná e 4,8 toneladas de milho em Minas Gerais, falando-se dos maiores produtores nacionais.” No caso da soja, são necessárias fontes externas de energia para a produção de óleo e farelo, e o mesmo se pode dizer do processo de transformação do milho em óleo, glicose e ração. “A cana, pelo contrário, produz sacarose e o bagaço, por si só fontes de energia, mas toda usina de açúcar e álcool possui uma estrutura semelhante que desperdiça muito”, afirmou.

No projeto Biocycle, desenvolvido pela PHB Industrial, além de aproveitar toda a energia do hidrolisado da cana, podem-se fabricar embalagens plásticas que, quando descartadas, servem como fertilizante para os próprios cultivos de cana-de-açúcar. “Isso é que é sustentabilidade!”, comentou alguém da platéia em tom elevado.

O último a falar no simpósio foi Gomez, que forneceu dados mais técnicos a respeito do desenvolvimento dos processos biotecnológicos para a produção de polímeros biodegradáveis pelo IPT. O biólogo explicou que ainda há muitas pesquisas em bioplásticos sendo desenvolvidas pela instituição na busca de novos materiais. Mas, segundo ele, o avanço já alcançado com a criação do plástico a partir da cana-de-açúcar é essencial para a manutenção da existência de polímeros no futuro, uma vez que o processo utiliza uma fonte de energia renovável.

O plástico biodegradável poderá, na opinião de Gomez, substituir os polímeros de origem petroquímica em pouco tempo, especialmente em produtos de rápido descarte, como sacos, copos, pratos e talheres, caso sejam produzidos em grande escala. “As próprias empresas reconhecem que ter um produto feito de plástico biodegradável é um diferencial importante”, disse.

O custo de produção do plástico biodegradável ainda é mais alto que o do plástico convencional: enquanto 1 kg do polímero sintético custa cerca de US\$ 1, o do PHB gira em torno de US\$ 4. No entanto, ao menos no exterior, ele é considerado competitivo. O mercado mundial de plástico fabrica 200 milhões de toneladas desse material por ano e, segundo estimativas, a fatia que deverá ser ocupada pelos bioplásticos nos próximos 10 anos será de aproximadamente 1% a 2%.

**“O plástico biodegradável poderá substituir os polímeros de origem petroquímica em pouco tempo, especialmente em produtos de rápido descarte, como sacos, copos, pratos e talheres, caso sejam produzidos em grande escala. As próprias empresas reconhecem que ter um produto feito de plástico biodegradável é um diferencial importante.”**

José Gregório Cabrera Gómez  
Biólogo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas

## TECNOLOGIA

Desenvolvimento de nanotecnologia e *displays* é estratégico para a nova sociedade da informação

# A era da mecânica quântica

A microeletrônica foi uma das tecnologias mais importantes do século 20, tendo sido levada, graças aos avanços tecnológicos, à escala nanométrica. Hoje a nanoeletrônica reúne condições de viabilizar computadores cada vez menores, mais rápidos, baratos e eficientes. Por outro lado, o desenvolvimento de *displays*, ou mostradores, acompanha a evolução dos meios de comunicação baseados em imagem. Para discutir os desafios da inovação nessas áreas, pesquisadores participaram do simpósio 'Nanoeletrônica e tecnologia de *displays*', realizado durante a 58ª Reunião Anual da SBPC.

Para o físico da Universidade de São Paulo (USP), Adalberto Fazzio, o transistor é uma das maiores invenções do século 20. "Certamente a maior do ponto de vista industrial", afirmou. O transistor é um dispositivo semicondutor com funções de chaveamento e amplificação de sinais elétricos. Sua invenção foi protagonizada pelos físicos norte-americanos John Bardeen (1908-1991), William Shockley (1910-1989) e Walter Brattain (1902-1987), que em 1956 foram agraciados com o prêmio Nobel de física justamente por suas pesquisas na área de semicondutores e pela descoberta do transistor. O transistor bipolar tornou-se, então, o elemento ideal para uma lógica binária *off-on* de computadores.

## Querida, encolhi o *chip*

O fator que mais interfere na velocidade de um computador, fazendo com que ele execute operações com maior velocidade, é o tamanho do transistor. Assim, quanto menor esse dispositivo, maior o número deles em um único *chip*, o que permite que as máquinas fiquem mais velozes. Hoje existem circuitos com portas de 50 nanômetros de largura. Entretanto, essa miniaturização de transistores logo alcançará os limites impostos pelas leis da física. Entre os problemas enfrentados está o chamado tunelamento de elétrons, um evento quântico que ocorre em dimensões nanométricas e impede o funcionamento do transistor.

A nanociência nasceu em 1959, com a palestra 'Há muito espaço lá embaixo', proferida pelo físico norte-americano Richard Feynman (1918-1988) em encontro da Sociedade Norte-americana de Física. Na época, Feynman disse que seria possível colocar os 24 volumes da *Enciclopédia Britânica* na cabeça de um alfinete. Ele estava falando sobre manipulação e controle do arranjo de átomos e especulando sobre as propriedades que poderiam emergir dessa arrumação. Com esse exemplo, Fazzio observou que, para a nanoeletrônica, a palavra fundamental é 'funcionalização'.

**“As dimensões com que a nanoeletrônica trabalha são maiores, por exemplo, do que as da física de partículas. A diferença é que procuramos manipular os átomos e lhes dar uma função.”**

Adalberto Fazzio  
Físico da Universidade  
de São Paulo

## Ciência em miniatura

As dimensões com que a nanoeletrônica trabalha são maiores, por exemplo, do que as da física de partículas. “A diferença”, sublinhou Fazzio, “é que procuramos manipular os átomos e lhes dar uma função”. O físico explicou que, em dimensões tão pequenas, o paradigma é o da mecânica quântica. Nessas dimensões, as superfícies e os contatos se tornam importantes. “Vamos supor que se queira passar uma corrente elétrica através de uma molécula. Como fazer isso? A molécula deve ser colocada entre dois contatos metálicos e, dependendo de sua posição e de suas interações, o processo da eletrônica muda”, destacou Fazzio.

Os nanotubos de carbono (arranjos de moléculas de carbono descobertos recentemente) são um material de grande potencial para a eletrônica de nanoescala. “Esses nanotubos têm propriedades fantásticas: podem transmitir calor tão bem quanto o

diamante, têm densidade de corrente maior que a de outros metais, como o cobre por exemplo, são duros como o diamante e ainda podem se comportar como metal ou como semicondutor”, relatou Fazzio. Eles têm potencial para uma série de aplicações em dispositivos mecânicos e elétricos, e também em *displays*.

Na opinião de Fazzio, outro material importante para a nanoeletrônica são os nanofios semicondutores, estruturas cujo diâmetro chega a ser de 3 nanômetros. Uma aplicação desse tipo de material, feita por uma equipe da Universidade Harvard, nos Estados Unidos, liderada pelo nanocientista Charles Lieber (1959-), são os sensores de hidrogênio baseados em nanofios de paládio. O sensor funciona da seguinte maneira: quando o paládio absorve hidrogênio, suas partículas incham, fechando vãos nanoscópicos presentes nos fios. Isso permite a passagem de mais corrente pelos fios. A medida da variação da condutância permite que o pesquisador identifique a presença de determinada substância. “Nos Estados Unidos há pesquisas voltadas para o desenvolvimento de nanosensores capazes de detectar substâncias perigosas, como as produzidas pelo *Bacillus anthracis*”, contou Fazzio.

“A área da eletrônica molecular terá aplicações práticas só daqui a 15 ou 20 anos.”

Adalberto Fazzio  
Físico da Universidade  
de São Paulo

### Grandes revoluções

“A área da eletrônica molecular terá aplicações práticas só daqui a 15 ou 20 anos”, prevê o físico da USP. Essa área busca outra base material para a eletrônica, em razão dos limites da tecnologia de fabricação de *chips* convencionais. Os equipamentos de construção de *chips* em miniatura são muito caros, enquanto o *chip* com componentes moleculares, se fosse possível fabricá-lo, seria feito por meio de processos químicos baratos. Além dos custos menores, a eficiência seria outro atributo dos transistores moleculares. “O avanço nessa área só se dará a partir de um grande esforço interdisciplinar. Com o trabalho conjunto de físicos, químicos e engenheiros, teremos dispositivos com capacidade muito maior do que os que existem hoje”, destacou Fazzio.

Outra divisão da nanociência, a spintrônica, promete uma revolução na eletrônica, com a possibilidade de *chips* quânticos. Essa nova tecnologia explora a condição do *spin* dos elétrons, além de sua carga. O *spin* se refere ao momento angular intrínseco do elétron, ou seja, é o giro do elétron em torno de seu eixo. Nos sistemas binários de semicondutores convencionais, o fluxo de elétrons representa apenas 0 ou 1; já os *bits* quânticos spintrônicos exploram também o estado ‘para cima’ ou ‘para baixo’ do *spin* do elétron,

possibilitando multiplicar o número de operações simultâneas e de informações transmitidas a velocidades altíssimas.

O físico da USP se diz de acordo com a idéia de que o século 19 foi a era das máquinas, o século 20 foi a era da informação e o século 21 será a era da mecânica quântica. A seu ver, as aplicações da mecânica quântica serão cada vez mais exploradas.

## Visores do futuro

Em sua transformação de sociedade industrial em sociedade da informação, a humanidade usa cada vez mais os meios de comunicação baseados em imagens, lançando mão de mostradores ou *displays* para sua exibição. A engenheira elétrica Alaíde Pellegrini Mammana, pesquisadora do Centro de Pesquisa Renato Archer (Cenpra), acredita que o desenvolvimento de *displays* é uma área estratégica nesse contexto. Mostradores são dispositivos eletroópticos que produzem estímulos visuais para a comunicação do homem com os sistemas eletrônicos e informatizados.

Mammana explicou que o canal visual de comunicação com o cérebro nos permite distinguir cerca de 10 milhões de cores, aceitando imagens estacionárias ou quadros que mudam rapidamente no tempo e se fundem em movimentos suaves, percebendo tanto cenas planas (em duas dimensões) como as que têm profundidade (em três dimensões). O objetivo de todo o esforço de pesquisa e desenvolvimento em mostradores é alcançar a capacidade de processamento do sistema visual humano. “Há uma corrida por dispositivos capazes de exibir imagens de alta resolução e fidelidade à cor, em telas panorâmicas, leves, pequenas e que consumam pouca energia”, disse a engenheira, que exemplificou esses desafios com o desenvolvimento da televisão avançada de alta definição, a HDTV (*high definition TV*).

**“O objetivo de todo o esforço de pesquisa e desenvolvimento em mostradores é alcançar a capacidade de processamento do sistema visual humano.”**

Alaíde Pellegrini  
Mammana

Engenheira elétrica do Centro  
de Pesquisa Renato Archer

## Corrida tecnológica

Diversas tecnologias competem nessa corrida. Os tubos de raios catódicos (*cathode ray tubes* ou CRTs), apesar da boa qualidade de imagem e do baixo custo, estão sendo substituídos pelos painéis delgados (*flat panel displays* ou FPDs), de grande área,

pequenos volume e peso, e baixo consumo de energia. Os FPDs têm viabilizado novas aplicações e vêm abrindo novos mercados, como o de equipamentos portáteis, que só passaram a existir com o advento dos mostradores de cristal líquido (LCDs). Na opinião da engenheira do Cenpra, os *displays* delgados se tornaram componentes estratégicos para os sistemas e definem a qualidade dos produtos por constituírem a face dos equipamentos e terem um atributo psicológico que influencia fortemente a opção dos consumidores.

**“Os *displays* têm grande impacto na economia mundial, com 20% de crescimento por ano, e estão presentes em muitos setores: telecomunicações, informática, eletrônica, automação industrial e comercial, informação pública, automobilístico, eletrodoméstico, aeronáutico, militar e de entretenimento.”**

Alaíde Pellegrini  
Mammana

Engenheira elétrica do Centro  
de Pesquisa Renato Archer

Para Mammana, os *displays* também são estratégicos como vetores de inovação – na criação de *laptops* e outros portáteis, por exemplo –, além de concentrar alto percentual do custo dos equipamentos (chegam a 75% do custo total). Eles têm ainda grande impacto na economia mundial, com 20% de crescimento por ano, e estão presentes em muitos setores: telecomunicações, informática, eletrônica, automação industrial e comercial, informação pública, automobilístico, eletrodoméstico, aeronáutico, militar e de entretenimento.

Graças a avanços tecnológicos, os *displays* estão se convertendo em sistemas completos, ao integrarem circuitos. Essa é a chamada era do chassi de vidro. Segundo a engenheira, esse novo paradigma aumenta o valor agregado dos sistemas, faz com que os integradores de sistemas percam autonomia e tem grande impacto na competitividade e rentabilidade do setor eletroeletrônico se ele não contemplar a produção de *displays*.

A pesquisadora do Cenpra acredita que a entrada do Brasil no negócio de mostradores é imperativa, para evitar que vários segmentos da indústria percam competitividade ou se tornem obsoletos. “O paradigma tecnológico consolidado hoje dificulta a entrada de novos competidores, mas abre oportunidade para novos atores

em mercados com características especiais, como o brasileiro, que demanda grande variedade e pequenos volumes”, afirmou.

## Mudanças na área espacial já

O documento 'O Brasil na era dos satélites: propostas concretas para aplicação imediata' é fruto do Encontro Aberto realizado na 58ª Reunião Anual da SBPC, organizado para examinar três questões: o que o Brasil já fez em matéria de satélites, o que o país está fazendo hoje e o que precisa fazer daqui para frente. Participaram do evento Marco Antonio Chamon, coordenador de Gestão Tecnológica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe); César Celeste Ghizoni, diretor-presidente da empresa Equatorial Sistemas; Celso Pinto de Melo (parcialmente), professor de física e pró-reitor da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Maurício Meira, executivo da Geoconsult; José Raimundo Coelho, ex-gerente brasileiro do Programa Sino-brasileiro de Satélites de Recursos Naturais (Cbers); Jurandir Zullo Jr., professor e pesquisador do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura da Unicamp; e José Monserrat Filho (coordenador), editor do *Jornal da Ciência* e vice-presidente da Associação Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial (SBDA).

Ao documento inicial elaborado pelo grupo ainda em Florianópolis, foram acrescentadas sugestões recebidas por *e-mail* pelo coordenador. Eis as 16 propostas elaboradas:

1. Fortalecer o Programa Sino-brasileiro de Satélites de Recursos Naturais da Terra (Cbers), que já lançou dois satélites (Cbers 1 e 2) e deve lançar mais três (Cbers 2B, 3 e 4), para que ele alcance resultados ainda mais positivos do que os já logrados;
2. Ampliar ao máximo a política de distribuição de imagens, beneficiando universidades, centros de pesquisa, prefeituras, empresas etc.;
3. Manter o país atualizado em tecnologia espacial;
4. Incentivar em escala ainda maior a formação de recursos humanos especializados na área espacial (a idade média do pessoal da área hoje está em torno de 50 anos e a renovação dos quadros se dá em ritmo muito lento);
5. Incorporar novas gerações de pesquisadores em ciência e tecnologia espacial;
6. Promover maior participação das universidades brasileiras no programa espacial brasileiro;
7. Disponibilizar imagens do Cbers com revisitas mais freqüentes;
8. Pensar em um projeto de satélite meteorológico como seqüência da linha dos Satélites de Coleta de Dados (SCD-1 e 2);
9. Definir melhor os objetivos da Política Espacial brasileira;
10. Focalizar o programa brasileiro de satélites nas necessidades dos usuários, especialmente nas áreas de agricultura, comunicação e planejamento territorial e de monitoramento de recursos naturais;
11. Ganhar acesso aos mercados internacionais; nunca esquecer que a cooperação com outros países e suas empresas é cada vez mais fundamental no mundo de hoje;
12. Propor ao governo que procure criar uma organização capaz de coordenar as compras das instituições públicas em matéria de serviços e produtos de geoinformação, tendo em vista uma distribuição mais adequada desses serviços e produtos tanto para uso das próprias entidades governamentais como, eventualmente, para o público em geral;
13. Substituir o sensor Modis, com vida útil prevista até 2009, por um satélite brasileiro de observação da Terra (com resolução de 20-30m), indispensável ao trabalho de acompanhar em tempo real o desmatamento da Amazônia e também com grande utilidade para a

agricultura; para concretizar tal projeto, já existem condições técnicas e também, na prática, o orçamento necessário.

14. Levar adiante o projeto do Satélite Geoestacionário Brasileiro (SGB), sob a coordenação da AEB e/ou do CTA, que trará enormes benefícios tecnológicos e de aplicações aos diversos setores estratégicos e de segurança do país, envolvendo várias instituições de pesquisa e desenvolvimento nacionais e órgãos públicos;

15. Incentivar o maior envolvimento dos pesquisadores do setor espacial brasileiro e fabricantes nacionais nas atividades da CBC9 (Comissão Brasileira de Estudos 9 de Radiocomunicações), coordenada pela Anatel. Entre os temas de estudo, encontram-se os Serviços Fixo e Móveis por Satélite e os Serviços Científicos Espaciais;

16. Desenvolver um programa de satélites científicos, tendo em vista o papel da ciência básica como *driver* para missões espaciais, gerando novos conhecimentos e novas tecnologias.

*José Monserrat Filho (Jornal da Ciência e SBDA)*

Coordenador do Encontro Aberto 'O Brasil na era dos satélites: o que fizemos, o que estamos fazendo e o que precisamos fazer daqui para frente'.

58ª Reunião Anual da SBPC

## **POLÍTICA ENERGÉTICA**

Escassez de petróleo e crises geopolíticas exigem medidas consistentes para o setor

# **Estratégias energéticas para o Brasil**

A alta do preço do petróleo, o aumento da emissão de gases por combustíveis fósseis (que agrava o problema do efeito estufa) e a instabilidade geopolítica do mundo são fatores que contribuíram significativamente para que o tema energia se tornasse central nas agendas internacionais. No Brasil, a questão ganha importância maior diante da crise com a Bolívia na área de fornecimento de gás natural. A necessidade de uma estratégia energética de longo prazo para o nosso país e o desenvolvimento de energias alternativas foram discutidos no simpósio 'Políticas estratégicas de aproveitamento e geração de energia elétrica no Brasil', durante a 58ª Reunião Anual da SBPC.

O físico Luiz Pinguelli Rosa, ex-presidente da Eletrobrás e coordenador do Programa de Planejamento Energético da Coordenação de Programas de Pós-graduação em Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ), disse que a energia voltou a ser questão prioritária no mundo por duas razões principais. A primeira é a alta do preço do petróleo, causada por um crescente e elevado consumo do produto pela China e por problemas geopolíticos, como a instabilidade no Oriente Médio e o fato de o Iraque ter deixado de ser um grande produtor. O segundo motivo é o efeito estufa, que induz o aquecimento global e mudanças climáticas.

## Petróleo

A alta do preço do barril de petróleo é acompanhada da previsão de declínio da produção mundial. “Não há consenso em torno dessa previsão, mas calcula-se que dentro de 40 anos haverá uma queda acentuada da produção do óleo”, alertou Pinguelli. Isso sugere a necessidade de critérios para o uso das reservas brasileiras. Ele comentou que a auto-suficiência do Brasil em petróleo é um fato positivo, mas ressaltou que as nossas reservas são modestas, embora possam aumentar.

A maior parte do petróleo extraído no Brasil é do tipo pesado, que não pode ser totalmente processado devido às características técnicas das refinarias do país (construídas quando o Brasil importava quase todo o petróleo que consumia, que era do tipo leve). Portanto, o Brasil exporta parte do petróleo pesado que produz e importa óleo do tipo leve para fazer o *blend* (mistura) adequado às nossas refinarias. Pinguelli acha questionável a idéia de a Petrobras exportar mais petróleo do que já exporta. “Uma política estratégica para o petróleo brasileiro, ainda a ser definida, merece maior atenção”, considerou o físico.

**“Não há consenso em torno da previsão da produção mundial de petróleo, mas calcula-se que dentro de 40 anos haverá uma queda acentuada.”**

Luiz Pinguelli Rosa  
Coordenador do Programa  
de Planejamento Energético  
da Universidade Federal  
do Rio de Janeiro

## Gás natural

No Brasil, houve ampliação do uso do gás natural em veículos, residências e indústrias. Além disso, discute-se a possibilidade de uso do gás para gerar energia elétrica. De acordo com Pinguelli, diante da crescente demanda do combustível, teremos problemas para expandir a oferta. “Vários fatores devem ser considerados, entre eles o gás da Bolívia.”

A nacionalização das reservas de petróleo e gás na Bolívia, decretada pelo presidente Evo Morales em maio de 2006, agravou os problemas. Do gás consumido no Brasil, 50% vêm pelo gasoduto Brasil-Bolívia (no estado de São Paulo o índice é de 75%). A indústria é o setor mais afetado pela crise, já que consome 70% do gás que circula no país.

Para Pinguelli, o problema do gás boliviano apresenta dois aspectos: um diz respeito aos interesses da Petrobras como empresa estatal, que mantém ações em bolsa, inclusive fora do país, e o outro se refere aos interesses do Brasil em garantir o abastecimento de gás natural a preços justos. “O problema pouco tem a ver com as duas refinarias e os postos de gasolina da Petrobras em território boliviano”, disse. A aquisição desses ativos

teve origem na privatização do setor energético na América Latina, inclusive no Brasil, durante o governo Fernando Henrique Cardoso. “Sob a liberalização da economia e da quebra do monopólio que exercia em nome da União, a Petrobras se expandiu para além do Brasil, comprando ativos”, explicou o ex-presidente da Eletrobrás.

Pinguelli criticou as privatizações do setor elétrico no governo Fernando Henrique, considerando-as desastrosas por não terem impedido a crise de suprimento (o auge foi o ‘apagão’ de 2001). “Não podemos afirmar que o que não foi bom para o Brasil seja bom para a Bolívia”, disse. Até agora, o problema central diz respeito aos interesses da Petrobras como empresa, mas o impasse está diretamente relacionado com os interesses da

**“Toda política energética deve levar em conta a emissão de poluentes, o que abre um importante espaço para as energias alternativas, que em geral não contribuem para o efeito estufa.”**

Luiz Pinguelli Rosa  
Coordenador do Programa  
de Planejamento Energético  
da Universidade Federal  
do Rio de Janeiro

população brasileira. “Os investimentos feitos pela Petrobras propiciaram um aumento real da produção física e econômica dos campos de gás bolivianos, e a empresa ainda construiu o gasoduto, viabilizando a exportação para o Brasil”, acrescentou.

As alternativas apontadas pelo físico são a expansão da produção nacional, que pode crescer (“mas isso leva tempo”, lembrou), e a importação de gás natural liquefeito de outros países latino-americanos, como Peru e Venezuela, ou de fora do continente. A importação seria feita por meio de navios metaneiros ou de um novo gasoduto, o que requer investimentos vultosos.

Pinguelli lembrou que, para a Bolívia, a exportação de gás para o Brasil é essencial, pois três quartos de sua produção vêm para cá. Interromper a exportação implicaria uma perda da ordem de 18% do PIB boliviano.

“O nó da questão é o preço, garantido por contrato, no qual são previstos reajustes que a Bolívia quer mudar”, destacou Pinguelli. Ele acrescentou que as negociações se concentrarão nesse ponto, pois o preço do gás natural em todo o mundo tenderá a ser puxado pela alta do preço do petróleo.

Segundo o físico da Coppe/UFRJ, todas as formas de geração de energia, renováveis ou não renováveis, têm vantagens e desvantagens. A seu ver, a opção natural para o Brasil seria as hidrelétricas, já que o país é líder mundial em recursos hídricos. “Mas essa opção se defronta com barreiras ambientais, que teriam de ser resolvidas pelo governo”, ressaltou. Para Pinguelli, toda política energética deve levar em conta a emissão de poluentes,

o que abre um importante espaço para as energias alternativas, que em geral não contribuem para o efeito estufa.

## Energias renováveis

Para o engenheiro mecânico Sérgio Colle, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), o desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento de energias renováveis é um dever das nações diante da evidência das mudanças climáticas, em longo prazo, devido, em boa parte, à emissão de gases de efeito estufa. “É sabido que até o momento não dispomos de tecnologia para atenuar os efeitos da emissão de gases na atmosfera. Restam, portanto, duas alternativas praticamente antagônicas: a energia renovável e a energia nuclear”, disse Colle, que coordena o Laboratório de Engenharia de Processos e Tecnologia de Energia da UFSC.

Na opinião do engenheiro, a energia renovável pode ser a grande oportunidade para o desenvolvimento tecnológico do país. Mas a transferência dos resultados para o setor produtivo requer ação política firme de governo, no sentido de implementar um programa de pesquisa e desenvolvimento sustentado, que mobilize a capacitação das instituições que atuam na área. “Ainda é tempo de o Brasil desenvolver tecnologias avançadas de energia solar, com base em tecnologias em desenvolvimento e já consolidadas em países avançados”, acredita.

**“A energia renovável pode ser a grande oportunidade para o desenvolvimento tecnológico do país.”**

Sérgio Colle  
Engenheiro mecânico  
da Universidade Federal  
de Santa Catarina

“O Brasil figura na geografia mundial como o país que exhibe a maior oferta energética natural renovável do planeta, sobretudo para as modalidades de energia hidráulica, solar, eólica e oriunda da biomassa”, disse o engenheiro da UFSC. “Por outro lado, continuou, a oferta de energia hidráulica tem forte componente sazonal, pois é modulada pela oferta hídrica – uma inflexibilidade que afasta os investidores da hidroeletricidade”.

Para Colle, uma boa alternativa seria investir em energia solar e eólica como fontes complementares à matriz energética brasileira. O Brasil fez um levantamento de seu potencial solar e concluiu que o país é favorecido mais ou menos uniformemente pela incidência da luz do Sol, com alguma exceção na região Sul. No seu entender, a alta demanda de energia elétrica para aquecimento de água para banho em áreas industriais requer intenso uso de energia solar para reduzir o pico de demanda energética dos chuveiros. “Mas os

aquecedores solares tradicionais não são capazes de eliminar o pico de demanda.” Para que essa alternativa seja viável, é preciso desenvolver novas tecnologias de energia solar no Brasil. Segundo Colle, os equipamentos usados no país se baseiam em primitivas concepções de coletores solares, com processos de produção rudimentares.

O engenheiro mostrou os resultados de uma experiência realizada em um condomínio residencial de Florianópolis, em que aquecedores solares foram integrados a chuveiros elétricos de 60 famílias. O pico de demanda foi reduzido em 60% na média mensal, mesmo estando Santa Catarina em uma região do país desfavorável do ponto de vista de captação de energia solar. “O pico de demanda pode ser totalmente reduzido caso se desenvolva uma tecnologia de previsão de radiação solar, com o objetivo de pré-aquecer o reservatório térmico em dias de baixa incidência de sol”, explicou. A água assim aquecida seria armazenada em reservatórios altamente isolados termicamente.

**“O Brasil só assumirá posição de liderança mundial em energias renováveis se estiver na vanguarda tecnológica e promover o desenvolvimento industrial no setor.”**

Sérgio Colle  
Engenheiro mecânico  
da Universidade Federal  
de Santa Catarina

### **Falta de interação**

Colle criticou a falta de interação entre instituições de pesquisa e o Ministério da Ciência e Tecnologia no tocante ao planejamento de políticas de C&T para o setor. “Isso é uma anomalia. Nos países desenvolvidos e emergentes, os agentes de governo interagem com a comunidade científica na formulação das políticas”, disse. Para ele, países como China e Coreia têm bons exemplos de gestão em pesquisa e desenvolvimento, pois as instituições atuam em estrutura de redes cooperativas, em estreita ligação com os planejadores de políticas.

Outro entrave para o setor, na opinião de Colle, é que o volume de engenheiros formados atualmente é suficiente para suprir apenas a demanda do ensino, faltando pesquisadores para o setor produtivo. Ele ressaltou que os projetos de pesquisa e desenvolvimento financiados pelo Fundo Setorial de Energia (CT-Energ), diferentemente do que acontece com projetos feitos em rede em países ricos, não contemplam diretamente a formação de recursos humanos na pós-graduação, que depende da oferta universal de bolsas de estudo do CNPq e da Capes. “Isso é um fator de atraso”, lamentou, concluindo que o Brasil só assumirá posição de liderança mundial em energias renováveis se estiver na vanguarda tecnológica e promover o desenvolvimento industrial no setor.

## Eventos documentados em vídeo durante a 58ª Reunião Anual

Disponíveis em [www.sbpcnet.org.br](http://www.sbpcnet.org.br)

### **A CONSTRUÇÃO DA IGUALDADE DE GÊNERO E POLÍTICAS PÚBLICAS**

Conferencista: Nilcéa Freire (SPM)

### **A POLÍTICA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO**

Conferencista: Sergio Rezende (MCT)

### **PASSOS EM DIREÇÃO À COMPLEXIDADE:**

#### **DA FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS À VIDA NO UNIVERSO**

Conferencista: Amancio C. S. Friaça (USP)

Debatedor: Licio da Silva (ON)

### **NOVOS MODELOS DE UNIVERSIDADE**

Debatedor e moderador: Hermano Tavares (UFABC)

Debatedores: Nelson Maculan (UFRJ); Guido Clemente (Univ. Florença)

### **ESTUDO MULTI E INTERDISCIPLINAR DAS INTERAÇÕES**

#### **BIOSFERA-ATMOSFERA NA AMAZÔNIA**

Debatedor e moderador: Pedro L. da Silva Dias

Debatedor: Carlos Nobre (INPE)

### **UTOPIA**

Conferencista: Marilena Chauí (USP)

### **CONTROLE DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - A ENERGIA ELÉTRICA E O DESENVOLVIMENTO DO BRASIL**

Expositor e coordenador: Edson Hirokazu Watanabe (UFRJ)

Expositores: Antônio Simões Costa (UFSC); Carlos Portela (UFRJ)

### **IMPACTOS SOCIAIS E TECNOLÓGICOS DA IMPLANTAÇÃO DE TV DIGITAL ABERTA NO BRASIL**

Expositor e coordenador: Sérgio Bampi (UFRGS)

Expositores: Marcelo Zuffo (USP); Augusto Gadelha (MCT)

### **NOVAS TECNOLOGIAS DE REFRIGERAÇÃO**

Expositor e coordenador: Hannes Fischer (EMBRACO)

Expositor: Sérgio Gama (UNICAMP)

### **POLÍTICAS ESTRATÉGICAS PARA APROVEITAMENTO E GERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL**

Expositor e coordenador: Luiz Pinguelli Rosa (UFRJ)

Expositor: Sérgio Colle (UFSC)

### **MEMÓRIAS DA GENÉTICA NO BRASIL**

Participantes: Crodowaldo Pavan (USP); Francisco Mauro Salzano (UFRGS); Antonio Rodrigues Cordeiro (UFRJ); Warwick Estevam Kerr (UFU); Ernesto Paterniani (USP)

**IMPORTÂNCIA DA INSERÇÃO INTERNACIONAL DA CIÊNCIA BRASILEIRA**

Conferencista: Eduardo Moacyr Krieger (ABC)

**DEPRESSÃO, PÂNICO E ANSIEDADE: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL**

Expositor e coordenador: Antonio de Pádua Carobrez (UFSC)

Expositores: Frederico Guilherme Graeff (USP); Roberto Andreatini (UFPR)

**TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO TIC'S NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA**

Debatedor e moderador: Manuel Marcos Maciel Formiga (ABED)

Debatedores: Fredric Litto (USP); Celso Costa (UFF); Fernando Spanhol (UFSC)

**BIOÉTICA E SUAS QUESTÕES**

Debatedor e moderador: William Saad Hossne (UNESP)

Debatedor: Fermin Roland Schramm (FIOCRUZ)

**A BUSCA DE VIDA EXTRATERRESTRE – UMA ABORDAGEM CIENTÍFICA**

Conferencista: Carlos Alexandre Wuensche de Souza (INPE)

Debatedor: Lício da Silva (ON)

**CHUMBO: DANOS BIOQUÍMICOS, NEUROLÓGICOS E COMPORTAMENTAIS**

Conferencista: Etelvino José Henrique Bechara (USP)

**COMPUTAÇÃO VISUAL**

Conferencista: Luiz Carlos Pacheco Rodrigues Velho (IMPA)

**GRIPE AVIÁRIA**

Conferencista: Edison Luiz Durigon (USP)

**JOGANDO COM O FUTURO: UMA VISÃO EVOLUTIVA SOBRE A PERSPECTIVA DE VIDA**

Conferencista: Martin Daly (McM/Canadá)

Debatedor: Maria Emília Yamamoto (UFRN)

**VIOLÊNCIA , CRIMINALIDADE E CIDADANIA**

Expositor e coordenador: José Vicente Tavares dos Santos (UFRGS)

**EPILEPSIAS: DA DOENÇA SAGRADA À NEUROGENÔMICA**

Expositor e coordenador: Norberto Garcia Cairasco (USP)

Expositores: Roger Walz (UFSC); Marino Muxfeldt Bianchin (USP)

**HOMOSSEXUALIDADES NO BRASIL CONTEMPORÂNEO**

Expositor e coordenador: Peter Henry Fry (UFRJ)

Expositores: Miriam Pillar Grossi (UFSC); Sérgio Luís Carrara (UERJ)

**TECNOLOGIA**

Conferencista: Evando Mirra de Paula e Silva (ABDI)

**A UNIVERSIDADE, AS PESQUISAS E AS EMPRESAS**

Conferencista: Carlos Henrique de Brito Cruz (FAPESP)

Debatedor: Alex Bolonha Fiúza de Melo (UFPA)

**PROJETO E OTIMIZAÇÃO DE COMPRESSORES E EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO**

Expositor e coordenador: Jader Riso Barbosa (UFSC)

Expositores: Fabrício Caldeira Possamai (EMBRACO); José Viriato Coelho Vargas (UFPR)

**TENDÊNCIAS EM SISTEMAS-EM-CHIP: A NANOELETRÔNICA NA FRONTEIRA**

Expositor e coordenador: Sérgio Bampi (UFRGS)

Expositores: Altamiro Amadeu Susin (UFRGS)

**A RELIGIÃO COMO SOLVENTE CULTURAL**

Conferencista: Antônio Flávio Pierucci (USP)

**CONSERVAÇÃO E VARIABILIDADE GENÉTICA NA EVOLUÇÃO**

Conferencista: Antonio Rodrigues Cordeiro (UFRJ)

**NEUROÉTICA: A OUSADIA DE “PROMETEU” RETOMADA**

Conferencista: Roberto Lent (UFRJ)

**O TSUNAMI DE SUMATRA DE DEZEMBRO 2004 E A PROBABILIDADE DE OCORRER TSUNAMIS NO OCEANO ATLÂNTICO QUE AFETEM O BRASIL**

Conferencista: Jesus Berrocal (USP)

Debatedor: Alberto Brum Novaes (UFBA)

**SAMBAQUEIROS: OS SOBERANOS DA COSTA**

Conferencista: Maria Dulce Gaspar (UFRJ)

Debatedor: Paulo de Blasis (USP)

**DESAFIO EM RELAÇÃO ÀS TERAPIAS AVANÇADAS**

Expositor e coordenador: Marcelo Morales (UFRJ)

**EXOPLANETAS/BIO**

Expositor e coordenador: Carlos Alexandre Wuensche de Souza (INPE)

Expositores: Adriana V. Roque da Silva (Mack); Tatiana A. Michtchenko (USP)

**DA MULTIDISCIPLINARIDADE À INTERDISCIPLINARIDADE: QUÍMICA, UMA CIÊNCIA DE INTERFACES**

Expositor e coordenador: Antonio Salvio Mangrich (UFPR)

Expositores: Jailson Bittencourt de Andrade (UFBA); Oswaldo Luiz Alves (UNICAMP)

**REFORMA UNIVERSITÁRIA**

Debatedor e moderador: Eunice Durham (USP)

Debatedores: Paulo Speller (UFMT); Álvaro T. Prata (UFSC)

**MACONHA: MEDICAMENTO ESQUECIDO QUE RENASCE PELA CIÊNCIA**

Conferencista: Elisaldo Carlini (UNIFESP)

**NAÇÃO E CULTURA: CONTRIBUIÇÕES INTERDISCIPLINARES PARA A CONSTRUÇÃO DE UM CONCEITO**

Conferencista: Ruben George Oliven (UFRGS)

**GÊNESE DA VIDA HUMANA**

Expositor e coordenador: Isaac Roitman (MCT)

**AMAZÔNIA, DESAFIO NACIONAL**

Debatedor e moderador: Paulo Marchiori Buss (FIOCRUZ)

Debatedores: Alex Bolonha Fiúza de Melo (UFPA);

Marilene Corrêa da Silva Freitas (SECT-AM)

**DOZE MESES DE ELEIÇÕES PRESIDENCIAIS NA AMÉRICA LATINA: DESAFIOS, DESILUSÕES, ESPERANÇAS**

Debatedor e moderador: José Vicente Tavares dos Santos (UFRGS)

Debatedores: Benedito Tadeu César (UFRGS); Ingrid Sarti (UFRJ)

**IMPACTOS SOCIAIS E POLÍTICOS DAS TICS (TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO)**

Debatedor e moderador: Tamara Benakouche (UFSC)

Debatedores: Lúcia Carvalho Pinto de Melo (CGEE); Gilson Lima (IPA)

## **PATRIMÔNIO CULTURAL DA SERRA DA CAPIVARA E DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO NO NORDESTE**

Conferencista: Niède Guidon (FUNDHAM)

## **CT&I NO BRASIL: A FRÁGIL PONTE PARA O MERCADO (O EXEMPLO DA INDÚSTRIA AERONÁUTICA BRASILEIRA)**

Conferencista: Ozires Silva (OSEC/UNISA)

Debatedor: Rodrigo Coelho

## **NOVAS TECNOLOGIAS EM PRODUÇÃO DE PETRÓLEO**

Expositor e coordenador: Fernando de Almeida França (UNICAMP)

Expositores: Segen Farid Estefen (UFRJ); Geraldo Spinelli Ribeiro (PETROBRAS)

## **PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS**

Expositor e coordenador: José Gregório Cabrera Gomez (IPT/SP)

Expositores: Luiziana Ferreira da Silva (USP); Roberto Nonato (PHB)

## **O BRASIL NA ERA DOS SATÉLITES: O QUE FIZEMOS, O QUE ESTAMOS FAZENDO E O QUE PRECISAMOS FAZER DAQUI PARA FRENTE**

Coordenador: José Monserrat Filho (SBDA)

Participantes: Jurandir Zullo Jr. (UNICAP); Maurício Meira (GEOCONSULT);

José Raimundo Braga Coelho (Consultor); Celso Pinto de Melo (UFPE);

Marco Antonio Chamon (INPE); César Celeste Ghizoni (Equatorial Sistemas)

## **ATIVIDADE SOLAR, EFEITOS NO CLIMA E EM SISTEMAS TECNOLÓGICOS**

Conferencista: Pierre Kaufmann (Mack)

## **DARWINISMO E A REVOLUÇÃO MOLECULAR**

Conferencista: Francisco Mauro Salzano (UFRGS)

## **TRANSDUÇÃO DE ENERGIA EM MEMBRANAS BIOLÓGICAS**

Conferencista: Leopoldo de Meis (UFRJ)

## **AQUÍFERO GUARANI:**

### **OPORTUNIDADES E DESAFIOS DO GRANDE MANANCIAL DO MERCOSUL**

Expositor e coordenador: Ricardo Hirata (USP)

## **UM PRIMATA IGUALITÁRIO, CULTURAL E COOPERATIVO**

Expositor e coordenador: Maria Emília Yamamoto (UFRN)

Expositores: Maria Lúcia Seidl de Moura (UERJ); Fernando Leite Ribeiro (USP)

## **CULTURA: SEMEANDO INTERDISCIPLINARIDADE**

Debatedor e moderador: Marcelo Ridenti (UNICAMP)

Debatedores: Ruben George Oliven (UFRGS); Renato Ortiz (UNICAMP)

## **DOENÇAS INFECCIOSAS EMERGENTES NO NOVO MILÊNIO**

Debatedor e moderador: Pedro Luís Tauil (UnB)

## **O PODER DA IMPRENSA E SEUS LIMITES**

Debatedor e moderador: José Paulo Cavalcanti (advogado)

Debatedores: Paulo Henrique Amorim (jornalista); Bob Fernandes (jornalista)

## **A CIÊNCIA COMO AGENTE DE TRANSFORMAÇÃO SOCIAL**

Conferencista: Miguel Nicolelis (Duke)

## **AERODINÂMICA E FUTEBOL**

Conferencista: Carlos Eduardo Magalhães Aguiar (UFRJ)

**CIÊNCIAS, HUMANIDADES E INTERDISCIPLINARIDADE**

Conferencista: Gabriel Cohn (USP)

**A IDENTIFICAÇÃO DE ALUNOS SUPERDOTADOS:  
DESAFIOS E PROPOSTAS NA EDUCAÇÃO BRASILEIRA**

Moderador: Ângela Virgolim (UnB)

Debatedores: Isaac Roitman (CONAIC) e Renata Rodrigues Maia Pinto (MEC)

**LOGÍSTICA E NOVA CONFIGURAÇÃO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO**

Conferencista: Bertha Becker (UFRJ)

**VENENOS: VIDA E MORTE**

Conferencista: Denise Vilarinho Tambourgi (Butantan)

**DIREITOS SEXUAIS E REPRODUTIVOS: A QUESTÃO DO ABORTO**

Expositor e coordenador: Lia Zanotta Machado (UnB), Miriam Grossi (UFSC) Expositores: Maria Jose Fontelas Rosado Nunes (PUCSP) ; Thomaz R. Gollop (USP)

**COP8 – BIODIVERSIDADE: A MEGACIÊNCIA EM FOCO**

Expositor e coordenador: Peter Mann de Toledo (INPE)

**NANOTECNOLOGIAS: CONCEITOS, REALIZAÇÕES E DESAFIOS**

Conferencista: Oswaldo Luiz Alves (UNICAMP)

**A MECÂNICA DE INTERAÇÃO DE FLUIDOS E ESTRUTURAS**

Expositor e coordenador: Aristeu da Silveira Neto (UFU)

Expositores: Julio Romano Meneghini (USP)

**AÇOS ESPECIAIS**

Expositor e coordenador: Walter Weingaertner (UFSC)

Expositores: Maria Teresa Paulino Aguiar (UFMG); Lirio Schaeffer (UFRGS)

**ESCOAMENTOS COMPLEXOS NA ENGENHARIA E NATUREZA**

Expositor e coordenador: Átila Pantaleão da Silva Freire (UFRJ)

Expositores: Paulo César Philippi (UFSC); Francisco Ricardo da Cunha (UnB)

**NANOELETRÔNICA E TECNOLOGIA DE *DISPLAYS***

Expositor e coordenador: Adalberto Fazzio (USP)

Expositor: Alaíde Pellegrini Mammana (MCT)

**ANALGÉSICOS PERIFÉRICOS: UM NOVO MECANISMO**

Conferencista: Sérgio Henrique Ferreira (USP)

**GREGORY BATESON: ANTROPÓLOGO E NATURALISTA**

Conferencista: Otávio Velho (UFRJ)

**ILHA DA MAGIA: TERRA DOS CASOS RAROS**

Conferencista: Gelci José Coelho (UFSC)

**VISÃO DE CORES E DIABETES**

Conferencista: Dora Fix Ventura (USP)

**CAPRINOS TRANSGÊNICOS: O MODELO BRASILEIRO**

Conferencista: Vicente José Figueirêdo de Freitas (UECE)

**POLÍTICA EXTERNA BRASILEIRA**

Debatedor e moderador: Ingrid Sarti (UFRJ)

Debatedores: Christian Caubert (UFSC) e José Monserrat Filho (SBDA)

**PRODUTOS E PROCESSOS NANOTECNOLÓGICOS: MATERIAIS**

Conferencista: Fernando Galembeck (UNICAMP)

**TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO APLICADAS À EDUCAÇÃO:  
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL**

Conferencista: Ronaldo Mota (MEC)

Debatedor: Fernando Spanhol (UFSC)

**O MAR É INTERDISCIPLINARIDADE**

Expositor e coordenador: Maria Cordélia Machado (MCT)

**(RE)PENSANDO O FUTURO DO BRASIL**

Conferencista: Aziz Ab'Saber (USP)

**MICROELETRÔNICA E MICROSSISTEMAS**

Expositor e coordenador: Carlos Galup-Montoro (UFSC)

Expositores: Newton Cesário Frateschi (UNICAMP); Antonio Petraglia (UFRJ)

**UTILIZAÇÃO DE ROBÔS EM PROJETOS TECNOLÓGICOS**

Expositor e coordenador: Sadek C. Absi Alfaro (UnB)

Expositores: Raul Guenther (UFSC); Glauco Caurin (USP)

**GRANDES DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A COMPUTAÇÃO NO BRASIL  
NA DÉCADA 2006-2016**

Debatedor e moderador: Virgílio Augusto Almeida (UFMG)

Debatedores: José Palazzo Moreira de Oliveira (UFRGS); Antonio Alfredo Loureiro (UFMG)

**O CURRÍCULO DO ENSINO MÉDIO E A PRESENÇA DA SOCIOLOGIA**

Coordenador: Tamara Benakouche (UFSC)

Participantes: Nelson Dacio Tomazi (UFPR); Nise Jinkings (UFSC);

Fernando Ponte de Sousa (UFSC); Miriam Hartung (UFSC)

**A ANTÁRTICA E O ANO POLAR INTERNACIONAL: CIÊNCIA E COOPERAÇÃO  
INTERNACIONAL NA ÚLTIMA FRONTEIRA DA TERRA**

Conferencista: Jefferson Cárdia Simões (UFRGS)

**ASTROFÍSICA DE BURACOS NEGROS**

Conferencista: João Evangelista Steiner (USP)

**SANTOS DUMONT E A INVENÇÃO DO AVIÃO**

Conferencista: Henrique Lins de Barros (CBPF)

**AGENDA NACIONAL PARA C&T NO BRASIL:****COMPETÊNCIAS E LEI DE INOVAÇÃO**

Expositor e coordenador: Celso Pinto de Melo (UFPE)

**AS NOVAS INFLEXÕES RACIAIS NO BRASIL**

Debatedor e moderador: Yvonne Maggie de Leers Costa Ribeiro (UFRJ)

Debatedores: Antonio Sérgio Alfredo Guimarães (USP); Humberto Adami (ADAMI);

Ennio Candotti (SPBC)

**UMA NOVA (DES?)ORDEM MUNDIAL**

Debatedor e moderador: Luiz Carlos Menezes (USP)

Debatedores: Newton Carlos (FSP); Othon Luiz Pinheiro da Silva (ELETRONUCLEAR)

## T E M A S

Raio-X da nanociência brasileira

Inovação em pequena escala

Estudos grandiosos

Eles, robôs

Tecnologia para avançar mar adentro

Plástico ecologicamente correto

A era da mecânica quântica

Mudanças na área espacial já

Estratégias energéticas para o Brasil