



CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
DESAFIOS ESTRATÉGICOS



CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

DESAFIOS ESTRATÉGICOS

O elenco de questões até aqui levantadas em educação, avanço do conhecimento, qualidade de vida e desenvolvimento econômico já permite definir, por si só, um conjunto de desafios de importância estratégica para o futuro do País. Contudo, elas não esgotam a agenda de temas para os quais Ciência, Tecnologia e Inovação têm a contribuir. Neste capítulo, ao mesmo tempo em que se estende e se complementa a abrangência dos temas tratados anteriormente, procura-se também dar-lhes um enfoque mais específico. A extensão das questões a serem tratadas contém, como não poderia deixar de ser, um elemento de arbitrariedade na sua escolha. Dentro da concepção original deste projeto, de estimular um debate amplo com a sociedade e a comunidade científica e tecnológica, a escolha deve ser vista como con-

tribuição para definir prioridades, como uma agenda aberta, um convite ao debate e uma oportunidade para análise mais aprofundada da necessidade de articulação entre instituições e agentes com responsabilidades e atuação em diferentes setores.

Assim entendidos, parece conveniente organizar os desafios estratégicos aqui tratados em três linhas de ação:

- i) mapear e conhecer a realidade nacional, não apenas em seus recursos naturais mas em seus recursos humanos e patrimônio intangível, pois sem informações amplas e confiáveis sobre as reais condições do País, que subsidiem a tomada de decisões por parte da sociedade, corre-se o risco de improvisações, tão nocivas quanto os problemas que se pretendem resolver.
- ii) identificar vulnerabilidades importantes da sociedade e da economia e entendê-las como oportunidades de alavancar o desenvolvimento científico e tecnológico, social e econômico – essas vulnerabilidades tanto podem ser desequilíbrios sociais quanto gargalos importantes da economia.
- iii) Mapear iniciativas de amplo alcance, que elevem o patamar de capacitação em algumas áreas-chave para o desenvolvimento econômico sustentável.

Essas iniciativas, que irão surgir naturalmente da seleção de prioridades para as diretrizes estratégicas do setor, caracterizam-se por buscar um salto tecnológico, por meio do qual o desenvolvimento de bens ou de serviços se dará no marco de parâmetros de confiabilidade ou competitividade que ultrapassem o referencial de desempenho do momento. Superado o desafio, e difundidos seus resultados, a sociedade terá evoluído na direção de maior desenvolvimento, equidade e justiça; o setor produtivo nacional terá galgado um novo patamar

“Os grandes desafios estratégicos para a C&T se ligam à centralidade do conhecimento no progresso do mundo contemporâneo. Há desafios que decorrem de como se move a fronteira deste conhecimento; há outros que se prendem às peculiaridades atuais da situação econômica e social do País e há, ainda, os que se ligam à aspiração nacional de uma presença soberana no cenário internacional futuro.”

*Waldimir Pirró y Longo,
Observatório Nacional*

“Há reais oportunidades para por em marcha, no País, importantes projetos “mobilizadores”, capazes de gerar novos impulsos para a C&T. Isto passa pela definição urgente de prioridades e de novos instrumentos de fomento; eliminou-se a reserva de mercado sem que se criassem incentivos compensatórios. Estes devem buscar produzir desenvolvimento científico e tecnológico melhor distribuído por todas as regiões do País.”

*Sérgio Machado Rezende,
UFPe*

de competitividade; as estruturas de geração de conhecimento terão adquirido competências inteiramente novas; os produtos, bens e serviços, terão maior confiabilidade.

Independentemente das escolhas específicas que sejam feitas, seis ingredientes são básicos para enfrentar esses desafios estratégicos:

- recursos humanos adequadamente treinados, isto é, programas consistentes de formação de recursos humanos em áreas estratégicas e absorção de pessoal em empregos qualificados;
- avanço do conhecimento, isto é, pesquisa própria e absorção de resultados produzidos em outros países, com o domínio de um vasto campo de conhecimentos em múltiplas áreas e capacidade não apenas para operar tecnologias disponíveis, mas também – e principalmente – para inovar e acompanhar o progresso tecnológico em campos-chave, como saúde, engenharias, materiais, informação e biologia;
- capacidade para identificar oportunidades e fazer escolhas tecnológicas adequadas às necessidades dos vários programas considerados;
- integração de esforços de pesquisa, com programas de natureza cooperativa entre agentes do setor público, setor privado e terceiro setor, cujo escopo e escala lhes garantam abrangência social ou impacto econômico;
- forte participação do setor privado, com programas de incentivo e fomento à pesquisa, desenvolvimento e inovação em empresas nacionais e condições para que empresas estrangeiras realizem pesquisa e desenvolvimento em escala compatível com os be-

nefícios econômicos que obtêm no mercado brasileiro e que tenham um retorno real para o País;

- instituições e ambiente institucional adequado e favorável ao desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação, que são fundamentais para vencer com sucesso os desafios estratégicos do País.

Na primeira parte desse capítulo, serão consideradas as questões referentes ao levantamento, gestão e desenvolvimento sustentável de importantes recursos naturais do País: mapeamento do território; meteorologia e climatologia; gestão do meio ambiente; biodiversidade; recursos do mar; recursos hídricos; recursos minerais.

Na segunda parte, serão apresentadas algumas vulnerabilidades e oportunidades de desenvolvimento da sociedade brasileira. Serão abordados temas relacionados a iniciativas de grande envergadura social, científica e tecnológica, com potencial para envolver várias áreas da Ciência e Tecnologia e para contribuir, de forma direta, tanto para a solução de problemas relevantes, como para a abertura de novas oportunidades de desenvolvimento. Os principais temas: fármacos, energia, biotecnologia e seu potencial para o País; telecomunicações, informática, atividades espaciais; tecnologia aeronáutica; tecnologia nuclear.

PARTE I: CONHECIMENTO E GESTÃO DO PATRIMÔNIO NACIONAL

Levantamento Geográfico e Estatístico do Território

Os mapas e as informações estatísticas são necessários para a formulação de políticas públicas, planejamento de empresas e a gestão territorial. Essas atividades requerem freqüentemente informações básicas atualizadas e sistematizadas em campos como geologia, solos, vegetação, biodiversidade, geomorfologia, recursos hídricos, recursos minerais, população, indústria, serviços, lazer, clima, uso da terra, safras agrícolas, dentre outros. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e outras instituições integrantes do Sistema Cartográfico Nacional elaboram cartas topográficas, mapas e bancos de dados em diferentes níveis (nacional, regional, estadual e municipal), com os resultados de levantamentos específicos.

Conquanto os levantamentos estatísticos feitos no Brasil deixem a desejar, a situação do mapeamento topográfico é ainda mais insatisfatória diante da crescente e cada vez mais complexa demanda por dados cartográficos para o planejamento em geral, particularmente das ações orientadas para a exploração sustentável do meio ambiente. Esse contexto determina a necessidade de reavaliar o modelo de mapeamento topográfico e o preparo de material cartográfico.

Paralelamente, com o uso mais intenso da tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), au-



“A Amazônia representa perto da metade do território brasileiro e é hoje uma área submetida a vários riscos. Perduram as migrações intensas do Nordeste e Centro-Oeste; há pressões sobre o patrimônio mineral e, em particular, problemas graves com a preservação da biodiversidade. Necessita tecnologias específicas e estas não surgirão espontaneamente do mercado.”

*Luiz Hildebrando Pereira da Silva,
Centro de Pesquisa em Medicina Tropical,
Roraima*

mentou a demanda por cartas topográficas, inclusive no formato digital. Identificar as características físicas e a capacidade do ambiente de sustentar diferentes tipos de uso significa, antes de tudo, apontar as possibilidades de crescimento sustentável de uma região. Para tal, é necessário conceber, construir e manter um Sistema Integrado de Informações, que tenha por meta principal informar o sistema de planejamento em seus diferentes níveis de atuação (nacional, regional, estadual, municipal).

Um programa nacional integrando métodos tradicionais, sensoriamento remoto e aerogeofísica, aliado ao desenvolvimento de aplicativos de SIG, teria condição de prover o Brasil de cartas e folhas topográficas com a elevada precisão exigida pela economia moderna. Seus resultados serviriam de base sólida para todos os demais mapeamentos, fundamentais para o conhecimento e desenvolvimento do País. Ademais, promoveria a formação de recursos humanos, modernizaria equipamentos de ensino e pesquisa dos cursos universitários, estimularia o intercâmbio científico e tecnológico, permitiria a atualização freqüente de bancos de dados georeferenciados sobre recursos naturais e meio ambiente, além de estimular a criação de empresas de base tecnológica, tanto em equipamentos e serviços de mapeamento e de gestão de bancos de dados primários, quanto no desenvolvimento de aplicações inovadoras.

A correlação da informação geográfica assim disponibilizada, com informações estatísticas de qualidade sobre produção industrial, comércio, transações financeiras, produção agrícola, produção mineral, população e suas características econômicas, sociais, educacionais etc., permitiria planejar políticas públicas, prover serviços essenciais, organizar programas estratégicos ou investimentos privados, com ba-

se em informações muito mais confiáveis do que as atualmente disponíveis. Ganhar-se-ia, assim, em eficiência, eficácia e efetividade no emprego de recursos escassos.

Quadro 1 **Sistema Avançado de Informações para a Agricultura**

A avaliação e o acompanhamento dos impactos ambientais de projetos no setor agropecuário estão sendo muito facilitados pelo uso de tecnologias de geoinformação e modelos associados.

Os Sistemas de Geoinformação incluem tecnologias de bancos de dados geográficos e sensoriamento remoto aliadas a modelos matemáticos, estatísticos e de otimização. Ao realizar a integração em um mesmo banco de dados de informações provenientes de diferentes fontes, os sistemas de informação geográfica permitem a representação computacional dos diferentes componentes do meio agroambiental. Tais sistemas são ferramentas auxiliares importantes para o planejamento agroambiental, monitoramento de safras, monitoramento e planejamento de projetos de agronegócios.

Para sua efetiva utilização, esta tecnologia requer a existência de bancos de dados agropecuários com informações amostrais que incluem, por exemplo, produtores, clima e situação dos mercados e sua integração com fontes periódicas de monitoramento de dados, como imagens de satélite.

A diversidade intrínseca dos problemas ambientais indica que o uso mais apropriado desta tecnologia é feito de forma distribuída, para que as diversas instituições públicas e privadas venham a dispor de tecnologia de geoinformação e modelos associados e tenham amplo acesso a bancos de dados sobre os diferentes componentes do meio agroambiental.

Neste sentido, é importante ressaltar que o Brasil já possui significativa experiência no desenvolvimento e uso de tecnologia de geoinformação, merecendo destaque os resultados já obtidos por instituições como o INPE e a Embrapa. Tais experiências, metodologias e produtos poderiam servir de base para um programa nacional de uso de geoinformação no setor de agronegócios.

Meteorologia e Climatologia

A meteorologia vem ganhando relevo, principalmente devido aos impactos da variabilidade climática. E também pela percepção de que o homem está alterando a composição da atmosfera, e as mudanças climáticas globais resultantes destas alterações pode-

rão ter profundas conseqüências no clima. No horizonte de décadas, se as emissões de gases do efeito estufa não forem mitigadas, as mudanças climáticas globais poderão trazer impactos adversos a toda a sociedade e às atividades econômicas.

Os efeitos da variabilidade natural do clima são notáveis. Vários setores da economia nacional são direta ou indiretamente afetados por ela, cujos efeitos são potencializados pelas condições particulares de infra-estrutura básica e social do País; a qualidade de vida cotidiana da população urbana e rural também está sendo conturbada por fenômenos associados ao clima, sejam enchentes nas regiões metropolitanas, problemas de abastecimento de água potável e geração de energia hidroelétrica, seja a seca no semi-árido nordestino e mesmo incêndios florestais.

O progresso científico e tecnológico permitiu o desenvolvimento de instrumentos e técnicas de previsão meteorológica mais acuradas, aumentando a importância estratégica da meteorologia e climatologia no Brasil. O País possui acentuada diversidade de condições climáticas e conta com uma base de recursos naturais cuja exploração sustentável está associada ao comportamento do clima e à disponibilidade e capacidade para gerar e utilizar, de forma eficaz, informações meteorológicas e climatológicas. A aplicação dessas informações é também cada vez mais essencial para a gestão dos grandes centros urbanos. O conhecimento sobre as flutuações do tempo e do clima e a capacidade de prevêê-las são hoje considerados como parte da riqueza dos países.

Na segunda metade da década de oitenta surgiram duas iniciativas que deram forma ao Sistema Nacional de Meteorologia: i) o planejamento de uma grande modernização da capacidade técnico-científica,

efetivada pela criação do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE; ii) um programa de incentivo ao uso da informação em nível local e regional em todo o País, que adicionalmente criasse as bases para a melhoria da capacidade observacional e de ciência e tecnologia em meteorologia.

Em que pese a expansão recente da rede observacional com plataformas de coleta de dados meteorológicos, hidrológicos e ambientais que utilizam modernos sistemas de telecomunicações, baseados nos satélites brasileiros de coleta de dados, a densidade das informações meteorológicas é insuficiente. Ademais, muitas destas informações não chegam aos usuários finais de forma adequada e em tempo hábil para proporcionar os resultados possíveis e desejáveis.

Quadro 2

El Niño/La Niña e o clima no Brasil

O aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Oriental caracteriza o fenômeno El Niño, que é cíclico, embora sem periodicidade definida, e dura de 12 a 18 meses. Quando ocorre, inicia-se normalmente no começo do ano, atinge intensidade máxima em dezembro e se enfraquece na metade do segundo ano. O aumento dos fluxos de calor e de vapor d'água do mar para a atmosfera, sobre as águas quentes, provoca mudanças nas condições meteorológicas e climáticas em várias partes do mundo. No Brasil, a chuva aumenta no Sul e diminui no norte e leste da Amazônia e no Norte do Nordeste. No Sudeste, as temperaturas ficam mais altas, tornando o inverno mais ameno.

La Niña é o fenômeno oposto, de resfriamento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. El Niño e La Niña são variações normais do sistema climático da Terra. Os efeitos econômicos dessas variações são diversos: alguns benéficos, outros não. Em 1998, as altas temperaturas provocadas pelo El Niño, aliadas a chuvas abundantes, favoreceram o desenvolvimento de lavouras e a produção de grãos em São Paulo. No outro extremo, o Nordeste enfrentou uma das piores secas do século XX.

Fonte: <http://www.cptec.inpe.br/>

Aperfeiçoamentos no sistema de previsão meteorológica, climática e hidrológica poderão contribuir, ainda mais, para: i) diminuição dos riscos à vida e à propriedade; ii) redução de danos ao meio ambiente; iii) aumento da produtividade e diminuição de perdas e riscos na produção agrícola, pecuária e industrial, no comércio e no setor de serviços, com o conseqüente aumento da produtividade global da economia brasileira e da competitividade internacional dos setores indicados.

O País dispõe de base para lançar-se, com determinação, em programas objetivando melhor conhecer o clima e suas variações e monitorar as condições atmosféricas, climáticas e ambientais do País. Conta com

uma massa crítica de cientistas, muitos de áreas afins e com experiência adquirida a partir de algumas iniciativas de grande porte, como o CPTEC e o conjunto das atividades de monitoramento por satélite do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A implantação de uma Agência Nacional de Meteorologia (Anamet), proposta resultante de discussões envolvendo vários segmentos interessados no âmbito governamental e acadêmico, estabelece um novo modelo de organização institucional, descentralizado e participativo, para o Sistema Nacional de Meteorologia. A efetivação do Fundo Setorial de Recursos Hídricos poderá viabilizar, a partir de 2001, a capacitação de recursos humanos para pesquisa de inte-

Quadro 3 **O Valor dos Serviços Meteorológicos**

Estima-se que o uso disseminado de confiáveis previsões e informações meteorológicas possa representar significativos ganhos econômicos e sociais. Somente na agricultura, o uso de informações meteorológicas, climáticas e agrometeorológicas na redução de perdas e aumentos de produtividade tem o potencial de economizar mais de R\$3 bilhões anualmente neste setor para o País. Alguns exemplos são:

- **Economia de Água na Irrigação:** uma previsão correta de ocorrência de chuvas para 24 e 48 horas, rotineiramente elaborada no País com índices de acerto acima de 75%, permitiria desligar o sistema de irrigação em 15 mil hectares que utilizam o sistema de irrigação constante, representando economia, somente no estado de São Paulo, de mais de 600 milhões de litros de água por dia.
- **Redução de Riscos Climáticos para a Agricultura:** de 1991 a 1995, o valor médio de indenização de seguro agrícola pelo Proagro foi de R\$150 milhões por ano. A partir de 1996, com base no zoneamento agrícola, o Proagro somente financiou culturas selecionadas fora das áreas de risco climático, obtendo taxas de risco menores e enorme redução das indenizações para cerca de R\$500 mil anuais.

Também nos setores de energia e recursos hídricos, pode-se gerar economias e benefícios sociais de monta, como ilustrado nos exemplos a seguir:

- **Ganhos no Setor de Energia Elétrica:** previsões da tendência climática sazonal de chuvas abundantes para a primavera de 1997 no

Sul do país, fornecidas pelo CPTEC às empresas de geração e transmissão daquela região, fizeram com que aquelas empresas diminuíssem o uso de energia termelétrica, economizando milhões de reais; informações fornecidas pelo Sistema de Meteorologia do Paraná à Companhia Paranaense de Energia representam economias potenciais superiores a R\$20 milhões por ano com o uso adequado das informações no planejamento do uso dos recursos hídricos na geração de energia elétrica e também na operação, manutenção e projeto de linhas de transmissão.

- **Melhor Gerenciamento de Recursos Hídricos Escassos:** a companhia de águas do Ceará utiliza rotineiramente previsões climáticas sazonais das chuvas na região semi-árida do Nordeste em suas operações. Por exemplo, baseado na previsão de seca severa para a estação chuvosa de 1998, disseminada pelo CPTEC em novembro de 1997, um grande volume de água foi transferido do açude de Orós para reservatórios que abastecem Fortaleza, evitando o que seria uma situação crítica de abastecimento em função da severidade da seca que assolou a região em 1998.

- **Mitigação dos Efeitos de Secas do Nordeste:** a partir de 1999, a atual Adene (ex-Sudene), a Defesa Civil, estados e municípios de todo o Nordeste têm utilizado as informações climáticas e estimativas de água armazenada no solo fornecidas pelo projeto Pró-Clima para fins de agricultura e identificação precoce de regiões com déficit hídrico com potencial de afetar a produção agrícola, permitindo racionalização das ações de mitigação dos efeitos das secas, com benefícios econômicos e principalmente sociais.

resse do setor e ainda irá fomentar a pesquisa e o desenvolvimento da área.

Uma diretriz para a área deve ser orientada para a modernização dos meios, com o uso intensivo de tecnologia atualizada e a descentralização dos serviços, pelo apoio à implantação ou fortalecimento de centros estaduais de meteorologia e recursos hídricos. As ações a serem empreendidas poderiam ser organizadas em cinco direções: i) Implantação e modernização de sistemas de observação *in situ* e a partir de plataformas remotas; ii) implantação de sistemas de assimilação das observações, de modelagem geoambiental e de armazenamento e disseminação de dados e informações; iii) modernização da infra-estrutura de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico; iv) descentralização das Estruturas de atuação em monitoramento, modelagem geoambiental e aplicações; v) capacitação de recursos humanos, especialmente com a criação de especialização em Geoinformática.

Gestão do Meio Ambiente

A vida humana não pode ser entendida de modo dissociado dos processos naturais. Mesmo tendo modificado radicalmente a superfície do planeta, a humanidade preserva uma dependência ancestral em relação aos ecossistemas que a rodeiam e continua a se valer de outros organismos e de recursos naturais para sua alimentação, atividade econômica e sobrevivência em geral. O uso estratégico e sustentável dos ecossistemas, seja dos produtos da biodiversidade, seja dos serviços ambientais providos, apresenta vantagens econômicas que podem proporcionar ganhos importantes à Nação, como um todo, e às comunidades diretamente envolvidas, em particular. A importância dos ecossistemas, tanto por seu

valor de uso, como por seu valor de existência, justifica a necessidade de uma gestão que procure sua sustentabilidade e que, portanto, seja realizada em bases científicas sólidas. Nesse sentido, conhecimento e tecnologia colocam-se como condições necessárias, mas não suficientes, para mudar de forma significativa as relações homem-meio ambiente.

Sustentabilidade implica garantir às futuras gerações um estoque de capital econômico, humano e ambiental pelo menos equivalente ao atual. Ao mesmo tempo, passa a ser reconhecido que a conservação dos recursos naturais é do interesse comum, inclusive da coletividade maior, a humanidade. Isto é refletido na implantação das convenções sobre diversidade biológica, desertificação e mudanças climáticas e da Declaração de Dublin sobre recursos hídricos, das quais o Brasil é signatário. Este interesse comum também é reconhecido na Agenda 21 Mundial e na Agenda 21 Brasileira, esta ainda em formulação.

As rápidas mudanças que se vêm registrando nas condições ambientais e, especialmente, no clima terrestre deverão absorver recursos crescentes da comunidade científica pelo mundo afora. Cresce a preocupação e a consciência de que a humanidade está transitando por uma rota insustentável e que os efeitos sobre as condições ambientais do desenvolvimento econômico (ou falta dele) já não podem ser negligenciados. Estudo recente do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas resume as principais tendências e preocupações da comunidade internacional: i) o uso atual de recursos naturais (terra, florestas, água doce, zona costeira, zonas de pesca e ar urbano) está além da capacidade natural de regeneração; ii) o efeito estufa ainda não foi estabilizado, e a emissão de gases continua superior aos níveis fixados pela Convenção das Nações Unidas de Mudanças

ças Climáticas; iii) as áreas naturais depositárias da biodiversidade do planeta estão sendo progressivamente reduzidas, tanto pela agricultura e suas práticas, quanto pela expansão das cidades; iv) o uso crescente de substâncias químicas vem provocando danos crescentes e, em alguns casos, de difícil reversibilidade, quer sobre o meio ambiente, quer sobre a saúde humana; v) o padrão energético atual é um dos principais responsáveis pelo uso insustentável de recursos naturais, inclusive não renováveis, pela contaminação atmosférica e o efeito estufa; vi) a urbanização propõe novos problemas para o meio ambiente, tais como a poluição do ar, o abastecimento de água potável de boa qualidade, a provisão de redes de esgoto e o manejo dos resíduos sólidos, com efeitos relevantes para a qualidade de vida, especialmente a saúde da população. Tudo isso vem alterando, de forma não suficientemente compreendida, as complexas relações entre os ciclos biogeoquímicos globais, com impactos sobre as condições climáticas, mudanças nos ciclos hidrológicos, perda de biodiversidade, biomassa e bioprodutividade.

Esse conjunto de preocupações define uma agenda de CT&I no que concerne à gestão sustentável do meio ambiente como desafio nacional. Na verdade, a própria natureza e dimensão dos problemas já explicitam que se trata de desafios globais que, na maioria dos casos, não podem ser enfrentados pelos países de forma isolada. Nesse sentido, além dos esforços necessários para que o País cumpra os acordos internacionais dos quais é signatário, é necessário definir prioridades para canalizar recursos e as ações de CT&I segundo dois critérios básicos: o interesse do País e as possibilidades e qualidade da contribuição que o Brasil pode dar.

Em termos gerais, é possível apontar, a título ilus-

trativo, algumas áreas nas quais CT&I podem prestar considerável contribuição: i) desenvolvimento de métodos e tecnologias adequadas para controlar os impactos ao meio ambiente, em particular a gestão do solo, ar, água e utilização dos recursos naturais em geral; ii) estudo das implicações regionais e locais das mudanças globais e dos impactos sobre os sistemas econômicos existentes e sobre as potencialidades de desenvolvimento das áreas afetadas; iii) desenvolvimento de tecnologias para reduzir as emissões poluentes e seus efeitos nocivos sobre a qualidade do ar, água e solo; iv) impacto sobre a qualidade de vida da população em geral, em particular nos grandes centros urbanos e em regiões mais vulneráveis e mais afetadas pela variabilidade climática. O tratamento desse conjunto de temas requer o desenvolvimento de uma abordagem integradora que viabilize a gestão dos recursos naturais para uma exploração sustentável.

Dentre os temas de pesquisa importantes para a gestão de ecossistemas, a biodiversidade ocupa no momento lugar de destaque, seja pela atenção da mídia e da sociedade, seja pela esperança de que possa tornar-se uma fonte de progresso econômico e social. Os avanços nos conhecimentos sobre os diferentes ecossistemas nacionais, bem como o estímulo à inovação tecnológica nos processos de exploração dos recursos naturais ou transformação e processamento, têm importância central para sua conservação e preservação, notadamente em ambientes tropicais. É papel da ciência entender as influências do mundo exterior sobre os ecossistemas e, o que é ainda mais desafiador, melhorar a concepção e desenho de políticas de gestão ambiental.

Há exemplos de tecnologias brasileiras já disponíveis com resultados positivos para a conservação de ecos-

sistemas, tais como tecnologias agrícolas de menor impacto negativo (por exemplo: controle biológico de pragas e doenças); tecnologias de manejo de florestas para produção de madeira e de produtos não-lenhosos; recuperação de áreas degradadas, matas ciliares e conservação de bacias hidrográficas; despoluição de mananciais hídricos; tratamento de efluentes; manejo de resíduos urbanos e agrícolas (por exemplo: não-geração, minimização ou reciclagem).

Novos produtos oriundos da biodiversidade têm sido pesquisados. Para a região Amazônica, há importantes alternativas para a utilização econômica de recursos naturais como frutos amidosos ou oleosos, frutos suculentos, óleo-resinas e látex, óleos industriais, óleos essenciais, materiais industriais e matérias destinadas a artesanato.

Dadas as dinâmicas naturais e a taxa de resposta dos ecossistemas às intervenções humanas, em ecologia e gestão ambiental, o desenvolvimento científico só se realiza com a garantia de continuidade das atividades pelo intervalo de tempo necessário. Muitas pesquisas demandam um cronograma de observação de longo prazo, o que, evidentemente, necessita de garantia de apoio ao longo de vários anos ou até mesmo décadas.

Existe ainda a necessidade de aprofundar os métodos científicos capazes de compreender as complexidades e incertezas envolvidas na gestão ambiental. A pesquisa com ecossistemas é, na maioria das vezes, de longo prazo e interdisciplinar, o que lhe permite focar a complexidade física, biológica e humana dos ecossistemas. Considerando-se que muitos dos grandes ecossistemas brasileiros ultrapassam nossas fronteiras, em regiões fisiográficas compartilhadas, o intercâmbio internacional é uma necessidade.

Freqüentemente os temas ambientais envolvem riscos e incertezas complexos e polêmicos, de difícil quantificação, não sendo raro que os especialistas diverjam sobre a alternativa melhor ou mais adequada. A participação da sociedade nas decisões reduz os riscos e eleva a eficiência das políticas e da gestão do meio ambiente, uma vez que os atores tendem a assumir maior compromisso com políticas de cuja formulação participaram.

A produção de conhecimento para a gestão de ecossistemas é realizada por um grande número de universidades, instituições de pesquisa, empresas privadas e ONGs. Um levantamento feito no âmbito do Diretório dos Grupos de Pesquisa do Brasil mostra que para os oito biomas mais representativos (Embrapa, 1994) havia no Brasil, em 1997, cerca de 500 grupos de pesquisa atuando em mais de 400 linhas de pesquisa.

Biodiversidade

O Brasil e mais outros dezesseis países reúnem em seus territórios 70% das espécies animais e vegetais do planeta, o que lhes confere o título de países megadiversos. Entre esses, o Brasil é o de maior diversidade biológica do planeta. Estima-se que possua entre 15% e 20% de toda a biodiversidade mundial e o maior número de espécies endêmicas do globo. São 55 mil espécies vegetais ou 22% do total do planeta, 524 mamíferos (dos quais 131 endêmicos), 517 anfíbios (294 endêmicos), 1.622 aves (191 endêmicas) e 468 répteis (172 endêmicos), além de 3 mil espécies de peixes de água doce (ou três vezes mais que qualquer outro país) e provavelmente entre 10 e 15 milhões de insetos (muitos de famílias ainda não descritas). Somente a Amazônia responde por cerca de 26% das florestas tropicais remanescentes no planeta.

Mesmo assim, a produção agropecuária brasileira baseia-se fundamentalmente no uso de espécies exóticas. Mais de 40% das exportações brasileiras têm como base espécies não nativas, entre as quais o café, a laranja, a soja e a cana-de-açúcar. A silvicultura nacional depende do eucalipto da Austrália e de pinheiros da América Central. A pecuária depende de forrageiras africanas.

Enquanto somente vinte espécies de plantas respondem por 85% da alimentação utilizada em todo o mundo, 1.300 espécies nativas são usadas na medicina tradicional apenas na Amazônia. O potencial econômico da biodiversidade brasileira é incalculável. O uso sustentável da biodiversidade requer a convergência de esforços em muitos campos da ciência e da produção, o desenvolvimento de técnicas de manejo, melhoramento, biotecnologia e industrialização de produtos derivados da biodiversidade do País. O incentivo à prospecção biológica com vistas ao desenvolvimento de novos produtos e processos biotecnológicos com potencial para a exploração econômica sustentável dos componentes da nossa diversidade biológica é uma das diretrizes para as ações de CT&I. A apropriação da biodiversidade permitirá ampliar a capacidade produtiva da economia em geral, absorver mão-de-obra especializada, oferecer diferentes oportunidades de utilização nos campos da agricultura, saúde humana e animal e do extrativismo.

Estima-se que existam mais de 3 mil antibióticos derivados de microorganismos, cuja exploração econômica está apenas engatinhando. No Brasil, o controle biológico da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatilis*) por meio de *Baculovirus anticarsia* gera economias da ordem de US\$200 milhões anuais. O controle biológico da cigarrinha da cana-de-açúcar pro-

porciona economia superior a US\$100 milhões anuais e a substituição de fertilizantes de nitrogênio por associações simbióticas da planta com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Rhizobium* vem proporcionando à agricultura brasileira poupança da ordem de US\$1,6 bilhão por ano.

Em um país de megadiversidade como o Brasil, partir do conhecimento tradicional sobre o uso da biodiversidade representa uma economia incomensurável de tempo e dinheiro no desenvolvimento de novos produtos. No entanto, os impactos provocados pelo desenvolvimento tecnológico, industrial, pela expansão das fronteiras agrícolas e pela devastação das florestas estão destruindo não apenas a biodiversidade, mas o conhecimento tradicional a ela associado. Desaparecimento de grupos indígenas, aculturação, êxodo rural, práticas tradicionais deslocadas pela expansão das economias centrais são fenômenos comuns que implicam na perda de conhecimentos tradicionais sobre o uso da biodiversidade. Enquanto as autoridades competentes e a sociedade lutam pela reversão deste quadro de empobrecimento da diversidade cultural, é fundamental ampliar o conhecimento existente. Toda a informação gerada deverá ser incluída em bancos de dados que assegurem a utilização das informações e ao mesmo tempo preservem os eventuais direitos das comunidades tradicionais detentoras do conhecimento, em caso de exploração econômica no País e no exterior.

O futuro do desenvolvimento da biodiversidade no Brasil depende da forma como serão administradas suas potencialidades, conciliando equilíbrio ecológico, desenvolvimento sustentável, melhoria substantiva da qualidade de vida de sua população, crescimento econômico, modernização, avanço tecnológico e a sua integração à economia nacional e mun-

dial. A integração de ações neste campo devem estar coordenadas por programas inovativos que estejam alinhados com os princípios da Convenção sobre Diversidade Biológica, da qual o Brasil é signatário.

A Convenção sobre Diversidade Biológica e de outros acordos internacionais recentes se pautam na busca do desenvolvimento sustentável cujo cumprimento vem ganhando importância nas relações internacionais. O paradigma do desenvolvimento sustentável que condiciona todas as diretrizes para ações de CT&I no Brasil não opõe conservação à exploração da natureza; ao contrário, considera que uma das maneiras de conservá-la é criar um marco institucional adequado para a sua exploração sustentável. Isso pressupõe a definição de incentivos à conservação, de benefícios econômicos para a exploração sus-

tentável e de punição à má utilização dos recursos.

O debate sobre um programa de CT&I orientado para o conhecimento, uso e desenvolvimento de produtos derivados da biodiversidade brasileira deveria levar em conta alguns objetivos estratégicos: i) inventariar e ampliar a base de conhecimento sobre a biodiversidade brasileira; ii) promover o desenvolvimento de redes de pesquisa e informação em biodiversidade; iii) identificar o uso desta biodiversidade pelos vários grupos sociais e étnicos, e avaliar seu potencial biotecnológico e industrial; iv) identificar áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e sistemas de manejo sustentável; v) definir estratégias e ações para repatriar informações sobre a biodiversidade e seus usos tradicionais e comerciais; vi) estimular investimentos em inovação tecnológica pelo setor em-

Quadro 4

Iniciativas brasileiras em mapeamento e gestão da biodiversidade

Há no Brasil diversas iniciativas destinadas a promover o avanço do conhecimento sobre a biodiversidade. Uma iniciativa recente é o Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA). O CRIA tem como missão promover e disseminar conhecimentos científicos e tecnológicos para a conservação e utilização sustentável dos recursos naturais do País. Seu público alvo é a comunidade científica, educadores, formuladores de políticas e tomadores de decisão. O CRIA está ligado a outras iniciativas, tais como Rede Inter-americana de Informação em Biodiversidade (Iabin); Rede Brasileira de Informação em Biodiversidade (BINbr); Programa Biota/Fapesp; Sistema de Informação Ambiental SinBiota/Fapesp; *Bioline Internacional*.

Entre estas iniciativas, merece destaque o Projeto Biota/Instituto Virtual da Biodiversidade, implantado com apoio da Fapesp. O objetivo comum dos projetos vinculados ao Biota Fapesp é estudar a biodiversidade do estado de São Paulo, incluindo: i) compreender os processos geradores e mantenedores da biodiversidade, inclusive aqueles que possam resultar em sua redução deletéria; ii) sistematizar a coleta de informações relevantes para a tomada de decisões sobre as prioridades de conservação e o uso sustentável da biodiversidade; iii) divulgar toda a informação gerada de maneira ampla, rápida e livre; iv) melhorar a qualidade do ensino, em todos os níveis e formas, sobre a natureza e os princípios fundamentais da conservação e do uso sustentável da diversidade biológica.

Um dos produtos do projeto Biota-Fapesp é um banco de dados relacional, que busca todas as informações referentes às coletas realizadas, captando dados relevantes por meio de uma ficha de coleta padrão. As informações são georreferenciadas, por meio da utilização do GPS, para que os bancos de dados possam ser associados a outras bases de dados contendo informações geoespaciais sobre ecossistemas, ecologia, clima e seqüência genética, entre outros. Estes dados poderão ser plotados em um mapa-síntese para a realização de diagnósticos ambientais. Todas as informações passam a estar disponíveis via internet. Espera-se que o rápido acesso às informações sobre a biodiversidade promova novas perspectivas na conservação da diversidade biológica no estado de São Paulo.

Outra iniciativa na área é a Rede Brasileira de Informação em Biodiversidade (BIN-BR). A BIN-BR faz parte do programa Probio do Ministério do Meio Ambiente, que tem por objetivo subsidiar o desenvolvimento do Pronabio (Programa Nacional de Biodiversidade), identificando ações prioritárias, estimulando projetos demonstrativos que promovam parcerias entre os setores públicos e privados e divulgando informações sobre biodiversidade. Este projeto contribuirá para o estabelecimento de uma rede eletrônica com informações sobre a diversidade biológica, atualmente dispersa por grande número de instituições e pessoas, tornando-as disponíveis para estudos científicos, tomada de decisões políticas e administrativas e programas de educação. O BIN-BR interage com o *Inter-American Biodiversity Information Network*.

presarial; vii) estabelecer um programa de transferência dos conhecimentos obtidos para a indústria e para os tomadores de decisão em políticas públicas; viii) desenvolver tecnologias capacitadoras (bioinformática, tecnologia de informação e comunicação; ix) proteger as informações de caráter mais sensível.

A informatização dos acervos é prioritária, sendo necessário viabilizar a criação de um sistema de informação *on line* que integre as bases de dados sobre diversidade biológica. Essas deveriam ser alimentadas de forma descentralizada por instituições públicas, grupos de pesquisa e empresas privadas cujo envolvimento nas atividades de mapeamento e exploração da biodiversidade deve ser estimulado.

No âmbito legal, é fundamental regulamentar a legislação para agilizar e facilitar o acesso à biodiversidade brasileira, particularmente à comunidade de

ciência e tecnologia nacional, contendo mecanismos institucionais ágeis, descentralizados, flexíveis e desburocratizados. É necessário, portanto, um esforço de: i) aprimoramento contínuo da legislação sobre biossegurança, propriedade intelectual e acesso ao patrimônio genético; ii) identificação de pontos conflitantes e avaliação da legislação associada aos setores produtivos que afetam a diversidade biológica (por exemplo: agricultura, silvicultura, produção de energia, pesca, mineração, turismo, entre outros); iii) elaboração de sistemas inovadores e *sui generis* de proteção de conhecimento tradicional associado aos recursos genéticos; iv) difusão contínua da legislação e de sua aplicabilidade nos diversos campos associados à biodiversidade.

Recursos do Mar

A presença do mar na formação geográfica e histórica

Quadro 5 **Acesso a Biodiversidade**

A Convenção sobre Diversidade Biológica permite que os países detentores de megadiversidade, como o Brasil, possam auferir não apenas compensações pelo seu uso no desenvolvimento de novos produtos tecnológicos, mas principalmente acesso, transferência e desenvolvimento conjunto das tecnologias correspondentes. O uso sustentável e a conservação da diversidade biológica requerem substancial incremento dos investimentos em P&D, em especial em áreas como fitofármacos, descoberta de novas moléculas com fins medicinais, e desenvolvimento de tecnologias limpas. No entanto, mesmo ratificada, a Convenção não é auto-aplicável e requer legislação nacional regulamentadora do acesso, seja aos recursos genéticos, seja às tecnologias deles derivadas.

O Brasil definiu legislação inovadora que estabelece as regras para o acesso ao Patrimônio Genético do País, à tecnologia e transferência de tecnologia para a conservação e utilização da biodiversidade brasileira. Essa legislação conceitua patrimônio genético como informação contida em espécimes vegetal, microbiano ou animal, em condições *in situ* ou *ex situ*; conceitua e regula a bioprospecção como atividade exploratória para identificar componente do patrimônio genético e informação sobre conhecimento tradicional associado com potencial de uso comercial; trata das expedições científicas estrangeiras sem fins comerciais.

Tendo em vista a importância do patrimônio genético para os avanços nas pesquisas de genoma, área em que as pesquisas brasileiras se sobressaem, o acesso a esse patrimônio deverá ter controle mais claro. Por exemplo, uma instituição estrangeira só poderá ter acesso a espécies nativas do Brasil sob a coordenação e responsabilidade de uma instituição nacional de pesquisa. A idéia é que os pesquisadores brasileiros e estrangeiros trabalhem em conjunto e, se possível, desenvolvam a pesquisa em território brasileiro. A regra de acesso vale também para os bancos de genes da biodiversidade brasileira localizados no exterior. Os benefícios que advierem da exploração econômica do patrimônio genético deverão ser repartidos por quem o estiver explorando, cabendo uma parcela à União, que se obrigará a utilizar os recursos para financiar a conservação da diversidade biológica, incluindo a criação de bancos depositários, o fomento à pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e a capacitação de recursos humanos. Esses benefícios podem resultar tanto da divisão de lucros e *royalties*, mediante o acesso e a transferência de tecnologia, ou ainda pelo licenciamento de produtos e processos e pela capacitação de recursos humanos. A legislação também protege os chamados conhecimentos tradicionais que forem associados à biodiversidade, ou seja, conhecimentos como os de grupos indígenas e de habitantes da floresta.

Quadro 6 Ciência e Tecnologia para a Amazônia

A Amazônia brasileira, a par de suas enormes potencialidades naturais, é a região brasileira que teve o maior crescimento demográfico relativo nas últimas décadas. Isto coloca uma grande pressão sobre o ecossistema, mas também potencializa o seu aproveitamento racional. A C&T são instrumentos essenciais para o desenvolvimento sustentável de um ecossistema tão diverso, complexo e rico. É fundamental e urgente que se elabore um plano estratégico e abrangente de C&T para esta região.

O maior desafio para um plano desta natureza está na falta de recursos humanos qualificados. A região amazônica conta com cerca de 800 doutores, metade dos quais em funções administrativas. Diante do fato de o Brasil estar titulando cerca de 5 mil doutores a cada ano, o número de doutores presentes na região mostra-se irrisório e contrasta com os números do Sul e Sudeste.

Para agravar este quadro, existem apenas duas instituições que formaram doutores nesta região no ano de 1999: a UFPA, que formou 17 doutores, e o INPA, que formou 14, somando um total de 31 doutores. É imprescindível que este quadro se reverta rapidamente. Para isto, é necessário lançar mão de todos os instrumentos possíveis. O reforço às pós-graduações existentes é apenas um deles. Um plano ambicioso de cooperação científica entre as instituições da região com as do Sul - Sudeste também é recomendado.

No entanto, é claro que nenhum plano terá o impacto desejado sem a devida capacitação do sistema universitário da região. A longo prazo este é o maior desafio.

Um projeto estratégico para a Amazônia deve contemplar e focalizar as áreas em que a região apresenta seu maior potencial: i) a biodiversidade amazônica é uma das mais ricas do mundo, sendo assunto de grande interesse internacional. O conhecimento e uso da biodiversidade deveria ser a linha mestra dos investimentos em C&T na região; ii) a água é uma das maiores riquezas mundiais neste novo século. A bacia do Amazonas é a maior bacia de água doce do mundo, representando, pois, um enorme potencial para a região e o País. O investimento de C&T no uso e na qualidade da água, bem como na biodiversidade a ela associada, é da maior importância e deve ser tratada como tal; iii) outras áreas que devem ser fortalecidas são os recursos florestais, o estudo dos subsistemas ecológicos, os efeitos climáticos, entre outros.

As unidades de pesquisa do MCT, em particular, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e o Museu Paraense Emílio Goeldi, devem ser instrumentos para a implantação de um plano abrangente de C&T para a Amazônia. Especial ênfase deve ser dada à questão da transferência do conhecimento para o setor produtivo e a sociedade em geral.

da sociedade brasileira é marcante. Apesar da interiorização do desenvolvimento, o País continua voltado para o Atlântico, porta de entrada e saída para o resto do mundo. A Zona Econômica Exclusiva (ZEE) possui aproximadamente 3,5 milhões de km², representando 41% da área continental emersa e possuindo 8.500 km de extensão de zona costeira, ocupada por 70% da população do País.

A ZEE representa uma complexa região do meio marinho de grande interesse científico e econômico. Estende-se desde os ambientes costeiros, transitórios entre o continente e o oceano, como estuários, deltas, lagunas, ilhas barreiras, manguezais, planícies de maré, costões rochosos e praias, até a plataforma continental com os recifes, o talude e o sopé continental.

A importância econômica dos recursos vivos mari-

nhos tem sido largamente negligenciada ao longo das últimas décadas. Recursos estratégicos para a economia pesqueira vêm sofrendo exploração excessiva e apresentam rendimentos decrescentes. Ao mesmo tempo, a demanda por produtos pesqueiros, no Brasil e no mundo, encontra-se em expansão, abrindo novas oportunidades para o crescimento do setor, geração de emprego, renda e divisas internacionais.

Apesar do avanço tecnológico da oceanografia pesqueira nas últimas décadas, a produção marinha de peixes, moluscos, crustáceos e algas ainda é muito menor em relação à pesca e ao extrativismo dos bancos naturais. A maricultura representa a melhor alternativa para atender à demanda comercial e à preservação dos estoques naturais para as gerações futuras, sendo um dos setores que mais cresce no cenário global de produção industrial de alimentos.

A precariedade do setor de tecnologia pesqueira no Brasil representa uma ameaça à atividade econômica da pesca, não apenas devido ao caráter predatório, como também à perda de competitividade para enfrentar as importações e incrementar as exportações. O desenvolvimento da tecnologia de pesca é um empreendimento interdisciplinar envolvendo qualificação de recursos humanos, pesquisas em economia da pesca, identificação de áreas promissoras por meio de imagens de satélite, tecnologia de pré-processamento industrial do pescado e tecnologia e instrumentação da embarcação.

A área da biotecnologia marinha vem se expandindo rapidamente, com aplicações em um vasto campo, desde a medicina até a preservação do ambiente marinho e costeiro, e com significativas implicações socioeconômicas. Apesar de restritas ao meio acadêmico, as pesquisas atuais sobre biotecnologia marinha no Brasil têm gerado evidências convincentes de que as substâncias bioativas extraídas da biota marinha são passíveis de exploração econômica, cuja viabilidade depende, em caráter preliminar, de ações no âmbito de CT&I.

O desenvolvimento tecnológico nas áreas de monitoramento oceânico por satélites (com ou sem plataformas *in situ*) vem ampliando as fronteiras das ciências marinhas e de suas aplicações. A coleta e análise matemática de informações em tempo real está permitindo o rápido desenvolvimento da oceanografia operacional. Os dados operacionais coletados pela rede de monitoramento terão duplo uso: em primeiro lugar, continuarão a dar suporte às pesquisas científicas e, em segundo, serão usados em sistemas de previsão das condições oceânicas, de modo similar aos sistemas de previsão de tempo atuais. O monitoramento das condições oceânicas e a dis-

ponibilização das informações em tempo real possibilitam uma gestão mais racional dos estoques pesqueiros, a melhoria dos modelos de previsão meteorológicas em geral e têm implicações diretas nas atividades econômicas, em áreas como agricultura, produção de energia hidroelétrica, transportes e defesa civil. O País já detém razoável capacitação técnica na área de recepção e processamento de dados de satélites. O INPE, o Inmet e a Embrapa operam um conjunto de satélites ambientais, projetados e construídos no País, que já estão sendo utilizados na recepção de dados oceânicos coletados por plataformas derivantes e fixas.

Ciência, Tecnologia e Inovação têm papel essencial na implementação das atividades científicas e tecnológicas do mar definidas como de interesse para o desenvolvimento socioeconômico sustentável do país, identificando-se ainda com os programas estabelecidos no âmbito do Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM), implementados sob a coordenação da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM).

A cooperação internacional é essencial para potencializar os esforços de CT&I locais. Baseada nos princípios básicos de "benefício mútuo" e de "subsidiariedade", a cooperação internacional da área de CT&I do Mar inclui três vertentes: i) participação em fóruns internacionais que originam as direções políticas das ciências e tecnologias do mar; ii) participação em programas e planos de ação internacionais em que o Brasil está comprometido em algum nível; iii) cooperação bilateral em CT&I.

Uma comissão de especialistas reunidos pelo MCT destacou dois temas como merecedores de ações induzidas: i) impacto do oceano Atlântico no clima

do Brasil e nas mudanças globais; ii) sustentabilidade dos sistemas marinhos costeiros brasileiros.

O levantamento e monitoramento do oceano Atlântico revestem-se de vital importância, especialmente devidos aos impactos socioeconômicos resultantes de fenômenos naturais originados em alto mar ou regiões remotas e mesmo em regiões próximas à zona costeira, justificando a necessidade de estudos sobre as correntes, formação e propagação de ondas, e ciclos migratórios de espécies economicamente relevantes.

A biodiversidade marinha e costeira vêm sofrendo os efeitos de fenômenos naturais e de ações humanas, tais como poluição originária de fontes terrestres, sobreexploração de recursos vivos e utilização de técnicas destrutivas de extração de recursos marinhos. Devido ao papel que a biodiversidade marinha e costeira representa para a manutenção dos ecossistemas naturais que produzem e mantêm os recursos pesqueiros, a conservação desses recursos é tarefa considerada como fundamental e inadiável. Um amplo entendimento sobre sustentabilidade dos sistemas marinhos e costeiros deve contribuir para a solução de questões como: i) aproveitamento e conservação da biodiversidade da costa brasileira; ii) desenvolvimento de tecnologia pesqueira eficiente; iii) aprimoramento das atividades de maricultura; iv) otimização dos processos de aproveitamento dos recursos minerais da zona costeira; v) minimização dos impactos naturais e de atividades humanas na zona costeira.

Para o desenvolvimento das atividades de pesquisa e de geração de conhecimentos em ciência e tecnologia marinha, o País conta, hoje, com cerca de trinta instituições. Contudo, a capacidade instalada, em termos de infra-estrutura, recursos humanos e apoio

logístico, é temática e geograficamente desigual. Nesse sentido, o grande desafio que se coloca para a estrutura de apoio governamental à ciência e tecnologia marinha é a consolidação de uma competência endógena, conjuntamente com a viabilização de uma infra-estrutura de pesquisa, sobretudo em termos de laboratórios e de meios flutuantes, e que incluiria o fomento a um programa de desenvolvimento de instrumentação oceanográfica e a instalação de tanques de prova de navios oceânicos, calibração e instrumentação oceanográfica. Adicionalmente, deve-se fomentar pesquisas na área de construção, inspeção, reparo e desativação de estruturas flutuantes e sub-marinas, utilizadas na exploração e exploração de recursos do mar.

O reforço à formação de recursos humanos é uma das prioridades na área de CT&I do Mar. Ao longo dos próximos dez anos, seria necessário: i) ampliar o apoio à formação de profissionais qualificados de nível superior e pós-graduação, especialmente doutores, em oceanografia no exterior; ii) induzir o intercâmbio de pesquisadores em âmbito nacional e internacional; iii) estimular parcerias com o setor produtivo para a implementação de programas de especialização e aperfeiçoamento.

Recursos Hídricos

O uso da água é uma questão que tem suscitado grande preocupação no que diz respeito às bases de sustentação da sociedade moderna. Levando em conta a demanda corrente e projetada para a próxima década, a avaliação da disponibilidade indica que, em condições de normalidade climática, pode-se considerar que a maior parte do território brasileiro conta com recursos hídricos que, bem utilizados, são suficientes. No entanto, observam-se condições crí-

ticas em algumas regiões onde o uso da água é intenso, como na vizinhança das cidades médias e principalmente das regiões metropolitanas ou que atravessam longos períodos de estiagem, como no semi-árido nordestino, onde a falta de água compromete seriamente a economia e as condições de vida da população local. Ademais, as projeções de demanda de água para consumo humano, irrigação, geração de energia e fins industriais para os próximos dez anos revelam um quadro não menos preocupante, especialmente se não forem revertidos o uso predatório e as atuais ineficiências na gestão dos recursos hídricos do País.

Em 1995, a Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH, Carta do Rio de Janeiro 1995) definiu como maior prioridade nacional em recursos hídricos e saneamento ambiental a reversão urgente da dramática poluição dos corpos de água, em especial nos grandes centros populacionais. Soluções para várias questões relacionadas à gestão sustentável dos recursos hídricos podem ser geradas a partir de uma base adequada de CT&I.

Uma possível agenda para investimentos, pesquisas, desenvolvimento de tecnologias e capacitação de recursos humanos incluiria: i) monitoramento hidrológico e ambiental acoplados a sistemas de informações avançados; ii) recuperação, melhoria e ampliação da rede hidrometeorológica, contemplando-se pequenas bacias hidrográficas; iii) desenvolvimento de conhecimento e tecnologias para a exploração e despoluição das águas subterrâneas; iv) desenvolvimento de tecnologia para conter a erosão do solo e o assoreamento dos corpos de água naturais e reservatórios; v) controle da salinização dos solos e das águas no semi-árido; vi) monitoramento, avaliação e controle dos impactos de mudanças no uso da terra e da urbanização na quantidade, qualidade ou regime

das águas superficiais e subterrâneas; vii) desenvolvimento de técnicas de previsão meteorológica, com o aperfeiçoamento das redes de observação.

As regiões semi-áridas brasileiras requerem atenção especial, por apresentar grave quadro de fragilidade socioeconômica associado à disponibilidade e sustentabilidade dos recursos hídricos. As economias locais são afetadas pela ocorrência sistemática de secas e pela escassez de água, seja para abastecimento humano, seja para uso econômico, resultando em elevados níveis de pobreza e em movimentos populacionais para outras regiões, em busca de melhores oportunidades. Essa fragilidade é agravada pela sobreexploração da base de recursos naturais, contribuindo para acelerar os processos de degradação e desertificação do solo.

Embora o fenômeno das emigrações não possa ser atribuído apenas à escassez de água, não há dúvidas de que a seca periódica é um fator de expulsão populacional. Assim, um desafio do desenvolvimento científico e tecnológico em recursos hídricos é contribuir para gerar condições de vida adequadas para a população das regiões semi-áridas. Para isso, é preciso aumentar a disponibilidade hídrica por meio de técnicas inovadoras como novas formas de exploração de água subterrânea no cristalino, processos de dessalinização, processos integrados de gestão da demanda e de racionalização do uso da água, controle e melhoria da qualidade da água e melhoria da previsão climatológica.

No passado, o manejo dos recursos hídricos e do meio ambiente em geral tinha uma abrangência local, tal como um trecho de rio ou um perímetro de irrigação. Atualmente, os problemas hídricos já são vistos pelo menos em escala da bacia hidrográfica,

assim mesmo levando em conta que muitas vezes as condições das bacias são profundamente afetadas por mudanças e ocorrências exógenas. A redução da disponibilidade dos recursos hídricos, a deterioração da qualidade da água e a intensificação da concorrência pelo seu uso exigem uma maior eficiência na gestão desses recursos. O planejamento da ocupação da bacia hidrográfica é fundamental tanto para assegurar a sustentabilidade dos recursos hídricos, como para garantir a provisão dos bens e serviços associados à sua exploração

O Brasil carece de sistemas de planejamento de bacias hidrográficas e de gestão integrada de recursos hídricos. A recente criação da Agência Nacional de Águas e a aprovação de legislação relativa ao manejo de bacias hidrográficas são alguns passos tomados no sentido de reverter o quadro herdado do passado. Entretanto, a capacitação do País nessas áreas passa necessariamente pelas ações de CT&I, desde o conhecimento do comportamento das bacias hidrográficas, formação de recursos humanos até o domínio de tecnologias de monitoramento por satélite e sistemas de informação ambiental.

As ações de CT&I para gestão sustentável dos recursos hídricos devem levar em conta a necessidade de desenvolver tecnologias apropriadas às peculiaridades das regiões brasileiras e capacitar e treinar recursos humanos para aplicá-las, evitando a defasagem e dependência da cooperação de outros países. Também deve levar em conta a necessidade de programas de comunicação e educação ambiental, visando conscientizar a população, em especial as crianças e jovens, sobre a importância da proteção e conservação dos corpos d'água, seus leitos, margens e várzeas.

A gestão apropriada de recursos hídricos nacionais requer ações visando: i) ampliar o corpo técnico qualificado; ii) ampliar e modernizar o acervo de dados hidrológicos, sedimentológicos e de qualidade da água; iii) desenvolver e implantar sistemas de informações para subsidiar a tomada de decisão; iv) conscientizar a população sobre o assunto.

É inegável a falta de profissionais capacitados para atuar no setor de recursos hídricos hoje no País, particularmente com formação universitária e pós-graduação. Tradicionalmente, o tema Recursos Hídricos é tratado de forma marginal nos cursos de engenharia civil e de geografia. Em ambos, prevalece uma visão segmentada em várias disciplinas, tais como irrigação, energia e abastecimento doméstico. A recente criação do fundo setorial CTHidro (ver capítulo 6) representa uma mudança considerável em relação ao passado e abre novas perspectivas para que CT&I possam contribuir para a gestão e utilização sustentável dos recursos hídricos.

Recursos Minerais

O setor de mineração tem uma importância estratégica para a economia brasileira. No final dos anos noventa, a produção mineral era superior a US\$15,5 bilhões, dos quais US\$7,5 bilhões correspondiam a petróleo e gás natural. Por seu turno, as importações de petróleo e gás atingiam cerca de US\$5 bilhões, mas as exportações de outros bem minerais eram superiores a US\$6 bilhões. Dada a inserção estratégica do setor mineral na economia doméstica e internacional, sua perspectiva para os próximos dez anos é de crescimento a uma taxa superior à da economia como um todo.

Graças a importantes investimentos realizados nas

últimas décadas, principalmente pelo CNPq, Capes e Fapesp, o País conta hoje com um número razoável de doutores e mestres especialistas nas diferentes subáreas do setor mineral. Não obstante essa capacitação, inúmeros desafios e gargalos na área de CT&I devem ser equacionados. Será necessário unir esforços do setor governamental, da iniciativa privada e da comunidade técnico-científica brasileira para superar alguns desafios: i) ampliação significativa do conhecimento geológico das províncias minerais e dos seus recursos (em especial na Amazônia), condição *sine qua non* para atrair investimentos; ii) desenvolvimento tecnológico necessário ao aproveitamento dos depósitos minerais; iii) atualização da capacitação dos profissionais do setor; iv) homogeneização da capacidade científica das regiões assim como do conhecimento sobre as várias regiões do país; v) fortalecimento da competitividade da indústria mineral nacional pela inovação tecnológica; vi) minimização dos efeitos ambientais na mineração e viabilização do desenvolvimento sustentável.

A região Amazônica representa cerca de 60% do território brasileiro, e, em que pesem as descobertas das grandes províncias minerais de Tapajós, Rondônia e Carajás, permanece uma das menos conhecidas da terra sob o ponto de vista geológico e geofísico. O pequeno número de instituições científicas e tecnológicas locais e a grande dificuldade de fixação de profissionais na região constituem em lacunas adicionais na capacidade de desenvolvimento de pesquisas e tecnologias avançadas apropriadas à exploração mineral da região.

É necessário reforçar as iniciativas de formação de técnicos em mineração em todos os níveis. Na Amazônia, a oferta de técnicos de nível médio, de cursos de especialização e de capacitação continuada de

pessoal é ainda insuficiente. Na pós-graduação, é necessário promover a convergência entre as competências da comunidade científica e as demandas do setor produtivo. Ademais, o País ainda carece de sistemas de informação integrados e de desenvolvimento científico e tecnológico na exploração e aproveitamento dos recursos minerais brasileiros, especialmente em levantamentos aerogeofísicos e *softwares* de processamento e interpretação de seus produtos, e nas áreas de lavra subterrânea, beneficiamento, metalurgia extrativa, recuperação de áreas degradadas e monitoramento ambiental de efluentes sólidos, líquidos e gasosos. Finalmente, é preciso expandir a relação entre as universidades, e entre estas e companhias de pesquisa e órgão reguladores, como a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), além de fomentar a criação de redes, centros ou grupos de pesquisa cooperativa multiinstitucional, envolvendo universidades, institutos, centros de pesquisa, empresas e outras agências governamentais.

Devem ser desenvolvidas também ações para apoiar a difusão de novas tecnologias e a realização de testes experimentais e demonstrativos de sua adaptação às condições brasileiras, e promovidos, com especial atenção, programas e projetos de inovação e apoio tecnológico para as pequenas empresas. A criação dos fundos setoriais, particularmente o CTPetro e CTMineral, abre novas perspectivas para que CT&I possam contribuir para a utilização sustentável dos recursos minerais da Nação.

PARTE 2: GRANDES VULNERABILIDADES E OPORTUNIDADES

Não há dúvidas de que a maior vulnerabilidade do País é o déficit social acumulado ao longo da sua história. Neste Livro, tem-se examinado, em linhas gerais, as relações entre a CT&I e os problemas sociais do País sob dois pontos de vista: de um lado, como tais carências colocam-se como obstáculos ao desenvolvimento, em geral, e da CT&I, em particular; de outro lado, a contribuição que a CT&I podem aportar para a superação destas macrovulnerabilidades. Aqui, a questão das vulnerabilidades é tratada por outro prisma, mais pontual, referindo-se a algumas áreas do conhecimento e a setores da economia onde o País não pode correr riscos associados à falta de domínio científico e tecnológico. Enfrentar esses desafios significa abrir novas oportunidades, tanto para o progresso do conhecimento como para a geração de riqueza e a promoção do desenvolvimento em geral.

Fármacos

O setor de fármacos e outras especialidades da química fina cobre uma ampla variedade de produtos, com elevado conteúdo tecnológico e alto valor agregado. Possui ainda importante aplicação nas áreas de saúde e alimentação e tem implicação estratégica para o desenvolvimento econômico, devido à inter-relação com grande número de outros setores industriais. Com a acelerada ampliação dos conhecimentos na área das ciências da vida, abriu-se novo campo



*“Os países de maior desenvolvimento tecnológico estão em condições de se beneficiar mais de suas relações com os demais países. Conseguem captar muitas dos novos saberes que aqui se produzem. Este risco da internacionalização afeta o que **fazer** em matéria de educação e formação de recursos humanos. Estes vínculos entre globalização e C&T ganham maior projeção em algumas das regiões do País, em particular na **Amazônia.**”*

*Luiz Bevilacqua,
Laboratório Nacional de Computação Científica*

de atuação industrial, a biotecnologia, atingindo especialmente as áreas de produtos para a saúde e para a produção de alimentos. De especial relevo para o avanço da utilização científica e industrial da biotecnologia é o patrimônio genético natural, de que o Brasil é particularmente rico.

Apenas cerca de 20% do faturamento total do setor é gerado por empresas brasileiras, percentual que se reduziu nos últimos anos. As importações totais do setor (produtos finais ou intermediários de síntese) cresceram sensivelmente nos últimos dez anos, contribuindo de forma significativa para o déficit da balança comercial brasileira. O aumento das importações ocorrido ao longo desse período acarretou a diminuição da produção realizadas por empresas brasileiras, em que pese o extraordinário crescimento do mercado.

O perfil das indústrias atuantes no Brasil apresenta uma dicotomia marcante. Um bloco de empresas de grande porte, diversificadas, com produtos de alta tecnologia, normalmente subsidiárias de empresas internacionais é responsável por cerca de 80% da produção total do setor; um segundo bloco de empresas de pequeno ou médio porte, em sua maioria de origem local, responde pelos outros 20% da produção interna.

As empresas brasileiras têm uma fragilidade em relação as demais, representado pela dificuldade de acesso à tecnologia, quer via transferência, quer via geração própria, ainda que, recentemente, existam excepcionais exemplos de desenvolvimento tecnológico no âmbito dessas empresas, algumas com patentes internacionais.

A despeito de tais dificuldades, existem áreas do setor de fármacos e outras especialidades da química fina que apresentam potenciais de crescimento em uma

economia globalizada, por serem competitivas no mercado interno e apresentarem reais possibilidades de acesso ao mercado externo. A passagem do potencial para o efetivo requer um ambiente econômico favorável e capacitação tecnológica local, especialmente através de estímulos específicos, dentro das regras praticadas internacionalmente.

• Configurando um "monopólio legal"

O uso do poder de compra do Estado, aplicado com tanto sucesso nos Estados Unidos e demais países desenvolvidos, teve uma incipiente e muito questionável experiência no Brasil, representada pela Central de Medicamentos (CEME) do Ministério da Saúde. Hoje, tem se revelado fundamental a ampliação recente da capacidade de produção de fármacos e vacinas dos laboratórios oficiais, especialmente da Fio-cruz, Tecpar e Butantã. Essa produção tornou-se possível pela determinação do Ministério da Saúde de elevar o percentual de encomendas realizadas aos laboratórios públicos, bem como pela progressiva capacitação tecnológica dessas instituições. Esse fato, ao lado da política de genéricos, viabiliza não apenas redução de custos, como serve de indicação, para as licitações públicas, de quais são os efetivos custos de produção de uma série de medicamentos.

Um outro exemplo da interveniência do Estado nesta área é a aprovação de legislações, em alguns países, que visam estimular o investimento em atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a cura de doenças raras. Um bom exemplo neste sentido é o *Orphan Drug Act*, aprovado pelo congresso norte-americano em 1992, o qual estabeleceu toda uma política industrial visando ao desenvolvimento tecnológico e a industrialização de novas drogas destinadas ao combate de doenças que afetam a menos de 200

Quadro 7

A questão de patentes de fármacos

Novas moléculas e medicamentos recebem proteção patentária por certo período de tempo. Regulada pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), a proteção das inovações constitui um "monopólio legal" e é essencial para garantir os direitos dos inovadores e favorecer os investimentos, muitas vezes de risco elevado, em P&D. Em alguns mercados, contudo, a proteção permite a prática de preços tão elevados que terminam gerando um conflito entre os interesses privados das empresas e os da sociedade em geral. Esse conflito é mais grave quando os produtos protegidos não encontram qualquer substituto, têm grande utilidade social e devem ser comprados pela população de países mais pobres e de renda intermediária. Este é o caso de alguns medicamentos essenciais para o combate de moléstias de grande impacto epidemiológico, que não contam com substitutos, mesmo de geração tecnológica anterior e menor eficácia terapêutica. O desafio nesta área é compatibilizar a necessidade de preservar o incentivo à inovação e o interesse maior da sociedade como um todo. O recente confronto entre o governo federal do Brasil, os grandes laboratórios de empresas multinacionais e o governo dos Estados Unidos da América em torno dos preços de medicamentos utilizados para o

tratamento da Aids e da Lei de Patentes demonstra o valor das negociações para solucionar conflitos neste campo. O País terá tanto mais êxito em eventuais negociações sobre direitos de propriedade, caso tenha capacidade tecnológica para, sem romper com os acordos internacionais dos quais é signatário e ao amparo da legislação nacional, enfrentar situações adversas que poderiam resultar de uma indesejável falta de acordo em negociações sobre casos específicos.

Neste sentido e, em particular, na área crítica de medicamentos, é necessário reforçar tanto a base de geração de conhecimento do País neste campo, como a capacidade tecnológica e de inovação das empresas de capital nacional, para produzir localmente sob licença produtos patenteados. Em termos mais gerais, a conciliação dos interesses dos inovadores com o dos consumidores, expresso em preços de mercado não monopolistas, passa pela: i) capacidade para fabricar no País o produto patenteado ou licenciado; ii) incentivos à fabricação de produtos similares e genéricos; iii) facilitação dos procedimentos visando ao uso de dados proprietários para o registro sanitário de produtos similares.

mil pessoas/ano. Empresas envolvidas em tais programas recebem créditos fiscais referentes a dispêndios em testes clínicos e doações para o desenvolvimento das drogas, além da exclusividade de mercado por sete anos, após a droga ter sido aprovada pela FDA. Outro exemplo vem do Japão, onde as drogas órfãs são aquelas requeridas por menos de 50 mil pacientes/ano, e ao seu desenvolvimento estão direcionados os seguintes instrumentos de incentivo: financiamento, redução de impostos, prioridade no exame pelo órgão de saúde e concessão de exclusividade de mercado por dez anos.

A Lei de Licitações vigente no País foi concebida com o propósito de combater situações irregulares anteriormente encontradas em grandes licitações para obras públicas de infra-estrutura e, naturalmente, nunca teve pretensões de se tornar um agente motivador para o investimento industrial no Brasil, especialmente em segmentos de alta tecnologia. Como não poderia deixar de ser, os processos de licitação de produtos

adquiridos pelo setor público, especialmente na área de fármacos e produtos farmacêuticos, têm por objetivo alcançar menores preços. Esse aspecto é fundamental, tanto pelo peso que os medicamentos tem na cesta de consumo da população de menor renda, como também em função da elevada margem de lucro praticada no setor de fármacos. Ainda assim, seria interessante cogitar mecanismos de incentivo ao desenvolvimento tecnológico, premiando a capacitação local que reduzisse a vulnerabilidade do sistema.

A situação particular do Brasil recomenda que sejam feitos esforços visando à recuperação da infra-estrutura operacional ociosa ou desativada, através da alocação orientada de investimentos pouco expressivos em volume, mas estratégicos para o desenvolvimento do setor. Adicionalmente, é necessário prever a implantação de novas unidades produtivas na ampla área que envolve os negócios agropecuários (defensivos agrícolas ou produtos químicos derivados da agricultura) e da saúde (medicamentos), que não necessi-

tam de longo período de maturação, além de constituírem produtos com valor estratégico para o desenvolvimento econômico, inclusive a balança comercial e o atendimento de necessidades sociais do País.

No âmbito específico do MCT, são fundamentais a coordenação institucional e a implementação de medidas destinadas a compor uma bem articulada política tecnológica para o complexo produtivo de fármacos e outras especialidades da química fina brasileira, como, por exemplo: i) apoiar e estimular a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias, especialmente em áreas como a biotecnologia e a engenharia genética; ii) privilegiar mecanismos de financiamento voltados para a inovação, relacionados com o processo produtivo básico, produtos genéricos e drogas órfãs; iii) definir o uso de incentivos fiscais e não fiscais, principalmente o poder de compra do Estado, para estimular o desenvolvimento local de tecnologias e conseqüente processo de fabricação; iv) criar mecanismos para apoiar a industrialização pioneira.

Energia

No período recente, o Brasil viveu várias crises energéticas. Em passado não muito remoto, a falta total ou a irregularidade no fornecimento de energia elétrica era a regra em cidades do interior de pequeno e médio porte. Nos anos setenta, a crise do petróleo evidenciou a fragilidade da matriz energética brasileira, dependente do binômio água abundante (condicionada ao regime de chuvas) e petróleo barato (sujeito às flutuações do mercado internacional e à disponibilidade de divisas para pagar importações). Em resposta à crise do petróleo, o País promoveu uma radical mudança de sua matriz energética, substituindo o petróleo por energia hidroelétrica e por

carburante gerado a partir de biomassa. A viabilidade da reconversão energética, particularmente a implementação do programa de geração de energia a partir da biomassa, contou com soluções tecnológicas desenvolvidas pela Ciência e Tecnologia nacionais. Apesar da escassez da energia, consolidou-se a percepção, associada possivelmente à disponibilidade de recursos hídricos, de que a energia era um produto abundante, barato e praticamente inesgotável. Famílias, empresas e governos deram, portanto, pouca ou nenhuma prioridade ao uso racional da energia. A crise que afeta o País neste início de década, ao mesmo tempo em que reflete a debilidade do planejamento e a falta de investimentos no setor nos últimos quinze anos, oferece uma oportunidade de mudança de rumos, redefinição de estratégias, valorização de fontes alternativas de energia e reavaliação de atitudes e costumes, da população em geral, das empresas e do setor público. CT&I têm certamente grande contribuição a dar para reduzir a vulnerabilidade energética do País.

O Brasil deverá conduzir, na próxima década, um ambicioso programa de expansão de capacidade energética instalada. A previsão de crescimento do consumo total de energia elétrica no período de 2000/2009 é de 4,7% ao ano. Paralelamente, prevê-se que a oferta de energia elétrica deverá crescer de 64.300 MW para 109.400 MW, incluindo as parcelas de energia importadas através de interligações com países vizinhos. Igualmente, imagina-se que a participação termelétrica passará de 9,2 % para 25,0% no período, reduzindo tanto a pressão sobre o sistema hidroelétrico como a vulnerabilidade daí decorrente.

O setor energético exige gestão planejada e de longo prazo, inclusive em relação ao suporte científico e tecnológico necessário para o seu desenvolvimento.

Nesse sentido, ressalte-se a recente elaboração do Programa Nacional de Ciência e Tecnologia para o Setor de Energia (CTENERG). Um documento preliminar para discussão e consulta pública aponta as seguintes ações como prioritárias na década: i) pesquisas para desenvolver novas fontes de energia, desde a concepção em laboratório até a operação em escala comercial; ii) estudos visando melhorar a eficiência energética e econômica das fontes atuais de energia, especialmente a elétrica; iii) desenvolvimento de tecnologias que permitam a utilização mais eficiente da energia disponível; iv) desenvolvimento de modelos para avaliar e quantificar os impactos socioeconômicos e ambientais decorrentes da implantação e operação de sistemas energéticos, especialmente elétricos; vi) estudos e projetos de desenvolvimento de novas tecnologias para transmissão e distribuição de energia; vii) promoção da capacitação de recursos humanos na área energética.

• Geração Hidroelétrica e Termoelétrica

Estima-se que o crescimento da geração térmica no Brasil deverá estar baseado principalmente na utilização do gás natural, cujas limitações de suprimento e condições financeiras de uso ainda são objeto de intensos debates; do carvão e de biomassa, sob as formas de madeira, bagaço de cana e resíduos industriais, agrícolas e urbanos para usinas de menor porte. Isto não implica abrir mão de explorar o elevado potencial hidráulico (93.000MW de potencial inventariado firme e competitivo economicamente).

Como é sabido, no Brasil a geração de energia elétrica tem como principal fonte os recursos hídricos. Embora abundantes, a exploração econômica desses recursos mediante novos empreendimentos, localizados principalmente na região Norte, oferece uma

série de obstáculos econômicos e ambientais que recomendam a busca de novas alternativas.

Nesse novo ambiente, deve-se priorizar as seguintes linhas de desenvolvimento tecnológico: novas técnicas de projeto, construção e operação de usinas hidroelétricas; desenvolvimento e adequação de tecnologias para aumentar a competitividade de pequenas e médias centrais de geração; desenvolvimento de tecnologias de geração limpa com emprego do carvão mineral (gaseificação do carvão e sistemas de combustão de elevado desempenho); desenvolvimento de tecnologia e ferramentas para manutenção e operação de usinas termelétricas.

• Geração e Cogeração a partir da Biomassa

A cogeração permite reduzir os custos, elevar a segurança e confiabilidade da energia e reduzir os impactos ambientais. Nesse sentido, propõe-se apoiar as seguintes áreas: desenvolvimento, em escalas de bancada e protótipo, da gaseificação e purificação de resíduos pesados do refino de petróleo e de fontes renováveis de energia (biomassa); desenvolvimento de tecnologia de microturbinas para aumento da eficiência energética e a possibilidade de utilizar resíduos de vários tipos de combustíveis, inclusive o gás natural; realização de estudos setoriais e regionais sobre o potencial técnico, econômico e de mercado da cogeração de energia; produção de óleos vegetais e conversão dos motores de combustão interna para uso destes óleos *in natura* para geração em comunidades isoladas; sistemas de gaseificação de biomassa (de pequeno porte para resíduos rurais e de maior porte para subprodutos da cana); limpeza dos gases, uso do gás em motores e microturbinas; processos de pirólise e conversão dos motores para geração; otimização do emprego dos resíduos nas indústrias que têm a biomas-

sa como insumo básico (indústria de papel e celulose, agroindústrias e setor sucro-alcooleiro).

• **Geração eólica e solar (fotovoltaica e Heliotérmica)**

A utilização do sol e dos ventos como fonte primária de energia tem mostrado um crescimento expressivo em vários países do mundo, principalmente a partir da década de setenta, com a crise do petróleo e o fortalecimento das políticas ambientalistas.

No Brasil, a energia eólica tem sido usada há muito tempo, de forma isolada e em pequena escala. Os avanços tecnológicos dos últimos anos possibilitaram uma penetração ainda maior das turbinas eólicas para a geração de energia elétrica no País. A tecnologia eólica de pequeno porte para geração elétrica doméstica ou mesmo para atendimento a comunidades isoladas que ainda não são atendidas pela rede elétrica convencional deveria ser explorada.

A energia solar, por sua vez, é usada como fonte de calor (aquecimento de água, secagem) ou para produzir energia elétrica diretamente pelo emprego da tecnologia fotovoltaica. Esta fonte de energia tem sido empregada como alternativa de suprimento para o meio rural, caracterizado por pequenas demandas dispersas (telecomunicações, necessidades residenciais básicas, aplicações de cunho social etc.).

A aplicação em larga escala da tecnologia eólica e fotovoltaica, tanto para demandas dispersas e isoladas quanto interligadas à rede elétrica, carece de soluções ou aperfeiçoamentos, criando amplas oportunidades não apenas para a pesquisa, como também para o desenvolvimento de novos negócios e a geração de emprego.

• **Equipamentos para transmissão e distribuição**

A maior parte da rede básica de transmissão é composta de linhas e equipamentos com vida média na faixa de vinte a trinta anos de serviço, o que acarreta inevitável degradação da confiabilidade do sistema, agravada pela reconhecida sobrecarga do sistema existente. Desta forma, aparece claramente a importância estratégica de investir no desenvolvimento de tecnologias de transmissão que permitam aumentar a capacidade de transporte e a confiabilidade com baixos custos de investimento e operação.

A nova institucionalidade do setor elétrico vem forçando as empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica a oferecer uma qualidade crescente dos serviços prestados aos seus clientes, bem como a buscar a redução dos seus custos com o objetivo de aumentar a competitividade. Este cenário abre perspectivas para o desenvolvimento de novas articulações com empresas e instituições de C&T visando encontrar soluções inovadoras em vários segmentos da atividade de transmissão e distribuição de energia elétrica.

• **Conservação e uso final de energia**

As atuais limitações de recursos financeiros associada à crescente importância da preservação ambiental torna ainda maior o desafio de expansão do sistema, isto é, a colocação de novas usinas e grandes troncos de transmissão para atendimento à demanda.

No que se refere ao uso final, a conservação de energia elétrica tem assumido um papel importante, como um dos instrumentos efetivos na diminuição do crescimento da demanda de energia elétrica. Além disso, as mudanças em curso no setor elétrico exigem das empresas uma postura de busca permanente da eficiência e redução de perdas, tornando ainda maior a

importância da continuação dos programas de conservação de energia e gerenciamento da demanda.

• **Energia e meio ambiente**

A crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável traz um novo desafio para a expansão e operação do sistema elétrico brasileiro, traduzido pelo reconhecimento de que a adoção de uma estratégia energética incorrerá também na escolha de uma estratégia ambiental.

Além dos pontos mencionados anteriormente, a agenda de CT&I para o setor de energia é muito ampla. Dois temas merecem apreciação adicional: a aplicação de novos materiais e a célula combustível.

- **Novos Materiais**

Cada parte do sistema de geração de energia (geração, transmissão, distribuição e utilização final da energia) faz uso de materiais específicos, de acordo com as tecnologias utilizadas, que afetam diretamente a eficiência dos sistemas. Assim, projetos de P&D na área de materiais devem considerar estas necessidades específicas.

- **Desenvolvimento de Células Combustíveis**

Células de combustível representam uma nova tecnologia para produção direta de energia elétrica, a partir da conversão de átomos ou moléculas neutras em elétrons e íons positivos por meios eletroquímicos. Ainda em desenvolvimento, as células tem sido objeto de esforços intensos de pesquisa no exterior, visando suas aplicações como fontes estacionárias, em veículos automotores e em substituição às baterias convencionais de aparelhos eletrônicos portáteis. Elas podem empregar uma variedade de combustíveis, um dos melhores sendo o hidrogênio, cuja “queima” produz apenas água como rejeito, sendo,

portanto, favorecido do ponto de vista do meio ambiente. O hidrogênio é, entretanto, um vetor energético de difícil armazenamento, cuja produção é não-trivial. Novos reformadores catalíticos poderiam permitir a sua geração a partir do etanol, uma inovação que faria uso da tecnologia de produção do álcool, amplamente dominada pelo Brasil. O próprio etanol poderia, desenvolvidas as tecnologias apropriadas, ser empregado como combustível em células. Um programa de pesquisa na área deveria levar em conta: i) a melhoria da eficiência das células mediante a pesquisa em novos materiais; ii) sistemas catalíticos inovadores para produção de hidrogênio (plasma, eletrólise em células fotovoltaicas, reformadores catalíticos a partir de biomassa); iii) sistemas de armazenamento e distribuição de hidrogênio; iv) a realização de estudos sobre aspectos ambientais e sociais, bem como análises de viabilidade econômica dessas novas tecnologias, especialmente tendo em vista os resultados internacionais e o potencial de desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o Brasil.

Tecnologia da Informação

Já no século XXI, a revolução da informação e da comunicação redesenha o mapa econômico do mundo e traz mudanças profundas nas forma de produção e nas relações sociais. Para todos os países um desafio que se apresenta é o de construir, no menor espaço de tempo, as bases para uma adequada inserção na nova sociedade da informação. Três fenômenos inter-relacionados estão na origem da transformação em curso. O primeiro, a convergência da base de tecnologia, decorre do fato de se poder representar quase tudo de uma só forma, a digital. Com a digitalização, a computação (a informática e suas aplicações), as comunicações (transmissão e recepção de dados, voz, imagens etc.), e os conteúdos (livros,

filmes, música etc.) integram-se em um único meio. O segundo aspecto é a dinâmica da indústria e do comércio com uma queda contínua de preços dos equipamentos e serviços. Em grande parte como decorrência dos dois primeiros, está o extraordinário crescimento da Internet, ainda que reconhecida como um serviço restrito a poucos. A disseminação da Internet, em comparação com outros serviços, mostra o surgimento de um novo padrão de produção e de relações sociais e constitui um fenômeno singular a ser considerado como estratégico para o desenvolvimento das nações.

A inserção favorável no novo paradigma requer uma base tecnológica e de infra-estrutura adequada, um conjunto de condições de inovações na estrutura produtiva e organizacionais, no sistema educacional e de pesquisa, assim como nas instâncias reguladoras, normativa e do governo em geral.

• A internet no Brasil

A rápida evolução e disseminação da Internet no Brasil em anos recentes coloca o País em posição de desaque no mundo em desenvolvimento, mantendo liderança absoluta na América Latina. Segundo informações da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (Fapesp), órgão responsável pelo registro de domínios brasileiros, os domínios registrados somavam, no início de março/2001, mais de 382 mil. Dentre estes domínios, destacam-se os comerciais (com.br) que representam mais de 92%; em seguida os domínios de entidades não governamentais e sem fins lucrativos (org.br) com aproximadamente 2%.

O Brasil está hoje muito bem colocado no *ranking* mundial dos países em número de *hosts* e é o primeiro na América Latina. Em 1999, o País ocupava o 12º lugar. Considerando o período de 1996 a outubro/2000, o número de computadores conectados à rede cresceu de 74.458 para 662.910 (790%).

Tabela 1: População e Número de Hosts em Países Selecionados

Dez Maiores Economias por PIB	População (em milhões - 1999)	Hosts (Jan/2001)	Hosts/ 10.000 hab (ISC / população)	População Urbana (%)	Telefones Fixos (em milhões)	PC (p/ mil hab)	Usuários / Pop (%)
EUA	278,2	79.389.850	2.853,7	77	183,52	407	41,04
Japão	126,6	4.640.863	366,6	78	70,53	202	12,70
Canadá	30,5	2.364.014	775,1	77	19,96	271	40,00
Inglaterra	59,5	2.291.369	385,1	89	33,75	242	23,73
Alemanha	82,1	2.163.326	263,5	87	48,50	256	12,20
Itália	57,6	1.630.526	283,1	67	26,50	113	7,24
França	58,6	1.229.763	209,9	75	34,10	174	7,97
Brasil	168,0	876.596	52,2	80	24,98	26,3	2,01
Espanha	39,4	663.553	168,4	77	16,48	122	7,18
China (sem Hong-Kong)	1.300,0	70.391	0,5	32	108,69*	6	0,14

Fonte: Banco Mundial, para população e ISC, para número de hosts.

(1) Foram utilizados os dados dos hosts referentes a janeiro de 2001 (ISC) e as populações do ano de 1999 informadas pelo Banco Mundial.

* Incluindo Hong Kong

1 Note-se que o número de pessoas conectadas à rede mundial é muito superior ao número de usuários cadastrados pelos provedores de acesso. Universidades, com poucos registros como usuária, permitem a conexão de milhares de alunos e funcionários à rede.

Quadro 8 Governo eletrônico

Dentro de uma perspectiva de desenvolvimento social, o governo vem implantando aceleradamente o projeto do governo eletrônico, e-Gov. O principal objetivo do e-Gov é garantir acesso de todo cidadão à Internet e, por meio desta facilidade, disponibilizar os serviços de governo. O princípio orientador é que o modelo de acesso à internet no País deve ser comunitário, a fim de evitar o aprofundamento das desigualdades sociais. O projeto compreende um conjunto de medidas a serem tomadas e metas a serem alcançadas nos próximos anos (algumas já atingidas no ano 2000) e busca usar as tecnologias da informação para aumentar a transparência das ações governamentais, bem como para aumentar a eficácia dos recursos tecnológicos existentes por meio da integração de redes e sistemas usados pela administração pública federal, contribuindo desta forma para acelerar a redução do *gap* social existente no País.

De 1995 até abril de 2001, foram investidos R\$10 bilhões na

informatização de serviços públicos, e nos próximos dois anos serão investidos \$800 milhões por ano para atingir algumas das 45 metas do Programa Nacional de Informatização relativas à Internet pública: de que até 2002 todos os órgãos públicos federais ofereçam os seus serviços pela rede de Internet, expansão e modernização da infraestrutura, sistema de compras *on line*, bem como implantação de programas de universalização do acesso por meio de um computador popular, desenvolvido com recursos do Fundo de Universalização das Telecomunicações (FUST) e com a produção financiada pelo BNDES.

O Brasil se tornou o sexto país que mais investiu em internet pública em todo o mundo. Os resultados estão disponibilizados no portal www.redegoverno.gov.br que contém mais de 12 mil *links*, 800 serviços, e mais de 4.200 itens de informação. De setembro de 2000 a abril de 2001, o número de visitas ao portal triplicou, devendo atingir a marca de 70 milhões até o final de 2001.

Entre os países da América Latina, o Brasil possui o maior número de usuários conectados à Internet. Estima-se entre 9,8 milhões e 14 milhões o número de brasileiros conectados à rede mundial¹. Do total de usuários da rede, 64% estão na Região Sudeste, seguida pelo Sul (18%), Nordeste (9%), Centro Oeste (7%) e Norte (2%).

• Comércio Eletrônico

Com relação ao varejo *on line*, o Brasil continua sendo o mercado maior e mais maduro na América Latina. O crescimento do comércio eletrônico no País tem sido expressivo. A estimativa é que, em 1999, o consumidor virtual brasileiro tenha movimentado cifras em torno de US\$90 milhões, segundo estimativas do IDC e do Gartner Group. Segundo estas fontes, o comércio eletrônico atingiria cifras de US\$ 500 milhões até o final de 2000, a maior parte em comércio entre empresas (B2B). Esse crescimento deverá ser contínuo, atingindo em 2003, vendas no valor de US\$1,9 bilhão em operações B2B e US\$760 milhões em operações de vendas ao consumidor (B2C).

No âmbito do comércio eletrônico, durante o ano

2000, foram lançadas políticas e instituições para promover o comércio eletrônico. Foi criado o Comitê Executivo de Comércio Eletrônico, de caráter interministerial, com atribuições relacionadas a seu desenvolvimento e que começou a operar em março de 2001. Os pontos-chave do desenvolvimento deste novo tipo de comércio no País são a implantação de estrutura de validação de assinaturas eletrônicas, garantias na estrutura de segurança e maior acesso à Internet pela população.

• Exclusão digital

Embora excepcionais, os efeitos positivos relacionados às tecnologias da informação e da comunicação podem ser fortemente heterogêneos uma vez que a infraestrutura requerida, incluindo a parte de telecomunicações e a de computadores, além do nível médio de educação, já é distribuída de forma muito assimétrica entre as regiões do mundo. Como consequência já se observa, mesmo nos países em desenvolvimento, uma clara tendência à geração de espaços e grupos sociais excluídos, (a chamada exclusão digital), o que exigirá políticas adequadas voltadas para a promoção do acesso universal a todos. Acesso uni-

Quadro 9 O desafio da exclusão digital

O uso crescente das tecnologias da informação e comunicação aproxima pessoas e instituições e contribui para uma maior sinergia dos fluxos informacionais, em velocidades cada vez maiores. Ao mesmo tempo, introduz o risco de um novo tipo de exclusão social que vem sendo chamada de "exclusão digital". Nos países em que o processo de penetração de tais tecnologias se expande em ritmo acelerado, observa-se, como em nenhum outro momento da história, um crescimento econômico a taxas cada vez mais significativas. Todavia, o potencial de geração de riqueza associado a tal fenômeno não tem se refletido, com a mesma intensidade e significado, em benefícios distributivos e relacionados à equidade. Ao contrário, observa-se uma tendência de aumento da exclusão, com o surgimento de um novo divisor entre os que têm e os que não têm acesso às tecnologias da informação. Uma clivagem potencial que, ao guardar uma relação direta com a renda e o nível educacional das pessoas ou dos grupos sociais, quando agregada ou adicionada àquelas herdadas ou acumuladas ao longo da história, proporcionará desequilíbrios sociais ainda mais intoleráveis e difíceis de combater. O maior desafio das iniciativas voltadas para a difusão das tecnologias da informação e comunicação, em suas diversas aplicações, é garantir equidade de participação no novo padrão de desenvolvimento.

A evolução das tecnologias digitais é mais veloz do que as transformações de valores e atitudes da sociedade. Assim, para inserir minimamente, em termos competitivos as diferentes populações e subespaços no processo de competição mundial, é fundamental garantir o acesso às redes de informação e comunicação e, simultanea-

mente, capacitar diferentes substratos da população no uso e domínio da linguagem apropriada. Um grande desafio a ser enfrentado na criação de oportunidades de inclusão digital é a universalização dos serviços. Para isto, é necessário criar competências e desenvolver equipamentos de acesso baratos, promover a alfabetização digital em larga escala, capacitar pessoas em todo o ciclo de geração e desenvolvimento de TIC, conteúdos adequados em língua portuguesa, além de desenvolver novos modelos de acesso à Internet. São inúmeros os desafios e oportunidades de desenvolvimento científico e tecnológico que se apresentam na transição para uma sociedade da informação a que estamos assistindo.

Conscientes da crescente importância das TIC, um grupo de vinte e oito países em desenvolvimento da África e Oriente Médio, Ásia e Oceania, América Latina e Caribe emitiu a Declaração do Rio de Janeiro, denominada Tecnologias de Informação e Comunicação para o Desenvolvimento. O documento explicita a necessidade de levar em conta o papel das TIC para o progresso dos países em desenvolvimento.

Neste sentido, solicitam a criação pelo Grupo dos 8 (G-8) de fontes de financiamento e outros mecanismos de promoção de acesso e difusão das TIC, tais como fundos regionais e outras iniciativas, para auxiliar a formulação e implementação de estratégias nacionais de TIC para o desenvolvimento, incluindo governança, desenvolvimento de conteúdos, aperfeiçoamento de recursos humanos, infra-estrutura, acesso universal, alfabetização digital, pesquisa científica e tecnológica, entre outros objetivos dos países em desenvolvimento.

versal significa garantir a todos os cidadãos acesso amplo, irrestrito e de baixo custo à rede mundial de computadores.

As políticas de universalização de acesso, como o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (FUSTI), em conjunto com a estrutura produtiva do setor, destinam-se a viabilizar o uso intensivo pela população das tecnologias da informação. Por sua vez, a disponibilidade destes produtos e serviços permitirá alavancar o desenvolvimento de outros setores econômicos, propiciando maiores oportunidades para reduzir as diferenças sociais do País.

• Segurança eletrônica

A preocupação com a questão da segurança e confia-

bilidade das informações na utilização dos serviços via Internet é um ponto relevante, não somente para as transações de governo, mas principalmente para o desenvolvimento do comércio eletrônico. Com este objetivo, foi criado o Comitê Gestor de Segurança da Informação (CGSI), que instituiu a Política de Segurança da Informação nos órgãos e entidades da administração pública federal. Trata-se de órgão de assessoramento da Secretaria Executiva do Conselho de Defesa Nacional na avaliação e análise de assuntos relativos à segurança da informação nos Órgãos e Entidades da Administração Pública Federal. A principal prioridade do CGSI no ano 2000 foi a implantação da Infra-estrutura de Chaves Públicas do Governo Federal, elemento habilitador para a utilização da Criptografia de Chaves Públicas, para

a implantação de serviços sigilosos, de autenticação e gestão de documentos eletrônicos, para assegurar a integridade das informações governamentais e a irretratabilidade dos atos praticados pelos agentes públicos, que servirá de referência para o tratamento da assinatura eletrônica no âmbito privado do comércio eletrônico.

• Recursos humanos para P&D

A capacidade de P&D, em tecnologias da informação, está localizada predominantemente em instituições de pesquisa. Segundo o Diretório de Grupos de Pesquisa-2000 (desenvolvido pelo CNPq), há 314 grupos de pesquisa em ciências da computação em atividade, mobilizando cerca de 2.500 pesquisadores, que desenvolvem mais de mil linhas de pesquisa. Adicionando-se uma parcela de um terço dos grupos e pesquisadores classificados em engenharia elétrica que desenvolvem atividades em áreas de TI e correlatas, esses números crescem para cerca de 400 grupos e 3 mil pesquisadores. Não obstante, esse número deve ser ainda maior, à medida que incorpora pesquisadores atuando em TI em áreas correlatas, como ciência dos materiais, fotônica, eletrônica, física, matemática, química e físico-química. Finalmente, deve-se mencionar também que a geração de conteúdo para TI e para Internet, em particular, emprega um número de pesquisadores que tende a crescer.

O Brasil tem hoje 13 programas de doutorado e 28 de mestrado em ciências da computação, localizados principalmente na região Sudeste. No ano 2000, foram formados nesses programas em torno de 80 doutores e 500 mestres. Para que o País tenha condições de dominar o amplo leque de tecnologias de aquisição, armazenamento, recuperação, acesso e distribuição de informação, será necessário ampliar consideravelmente o número de doutores e incentivar

atividades de P&D nas empresas.

Segundo as informações da Relação Anual de Informações Sociais (Rais), o Brasil possuía, em 1999, cerca de 215 mil profissionais empregados em ocupações típicas de informática (analistas de sistemas, programadores e operadores de informática) e cerca de 24 mil em empresas de desenvolvimento de *software*.

O grande desafio é a inserção do Brasil na nova "economia digital", área em que o setor de *software* desponta como agente crítico da participação brasileira nesta economia globalizada e transnacional, em cenário altamente competitivo.

• Pesquisa e Desenvolvimento

A tremenda evolução e a ampliação da capacidade nos sistemas individuais de comunicação e processamento da informação exigirá um contínuo acompanhamento de tendências e identificação de oportunidades de tecnologias estratégicas para o desenvolvimento industrial e econômico, junto a universidades e ao setor produtivo. Países como a França e o Japão, entre outros, vêm aplicando metodologias de identificação das tecnologias estratégicas ou tecnologias-chave para o setor de tecnologias da informação que permitam aumentar a sua competitividade. A seleção de nichos de oportunidades de desenvolvimento deverá ser objeto de definição a partir de discussões envolvendo o governo, a comunidade acadêmica e a empresarial.

• Infra-estrutura avançada para P&D

Em 1989, o CNPq deu início a um esforço nacional de redes acadêmicas que resultou no projeto Rede Nacional de Pesquisa (RNP). A RNP, também como programa prioritário de informática do MCT, viabilizou uma infra-estrutura de serviço Internet nacional, interligou as instituições de ensino superior e

pesquisa do País, apoiou a consolidação de redes estaduais, implantou serviços básicos, englobando repositórios de *software* e acesso a bases de dados, assegurou a compatibilidade de aplicações e, em 1995, induziu e apoiou a difusão do uso de tecnologia Internet pelo setor privado, principalmente por pequenas e médias empresas do setor de serviços.

Hoje a RNP interliga 326 instituições acadêmicas em todo o País e quinze redes acadêmicas estaduais, sendo uma referência fundamental para a experimentação e uso de tecnologia Internet.

O crescimento acelerado do tráfego nas redes e a tendência de utilização de informações multimídia demandam uma atualização permanente na infra-estrutura de redes para pesquisa e serviços, de forma integrada a iniciativas internacionais semelhantes. Uma infra-estrutura de alto desempenho implantada em 2000, chamada RNP2, interliga-se às principais iniciativas internacionais de redes avançadas Internet2 e, também, a quatorze Redes Metropolitanas de Alta Velocidade (Remavs), formadas por consórcios entre empresas e universidades do País. Este ambiente permite a colaboração técnico-científica

Gráfico 1: Backbone da RNP

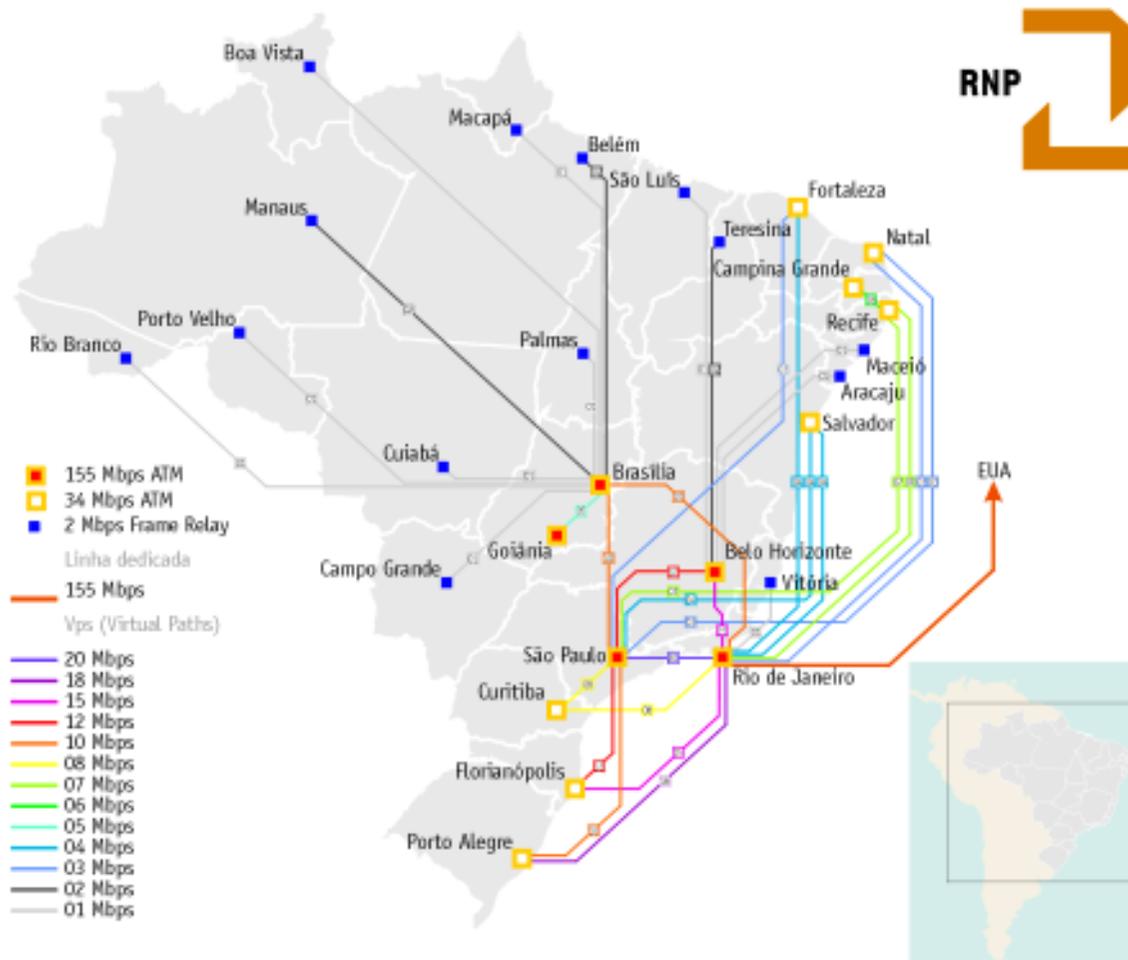
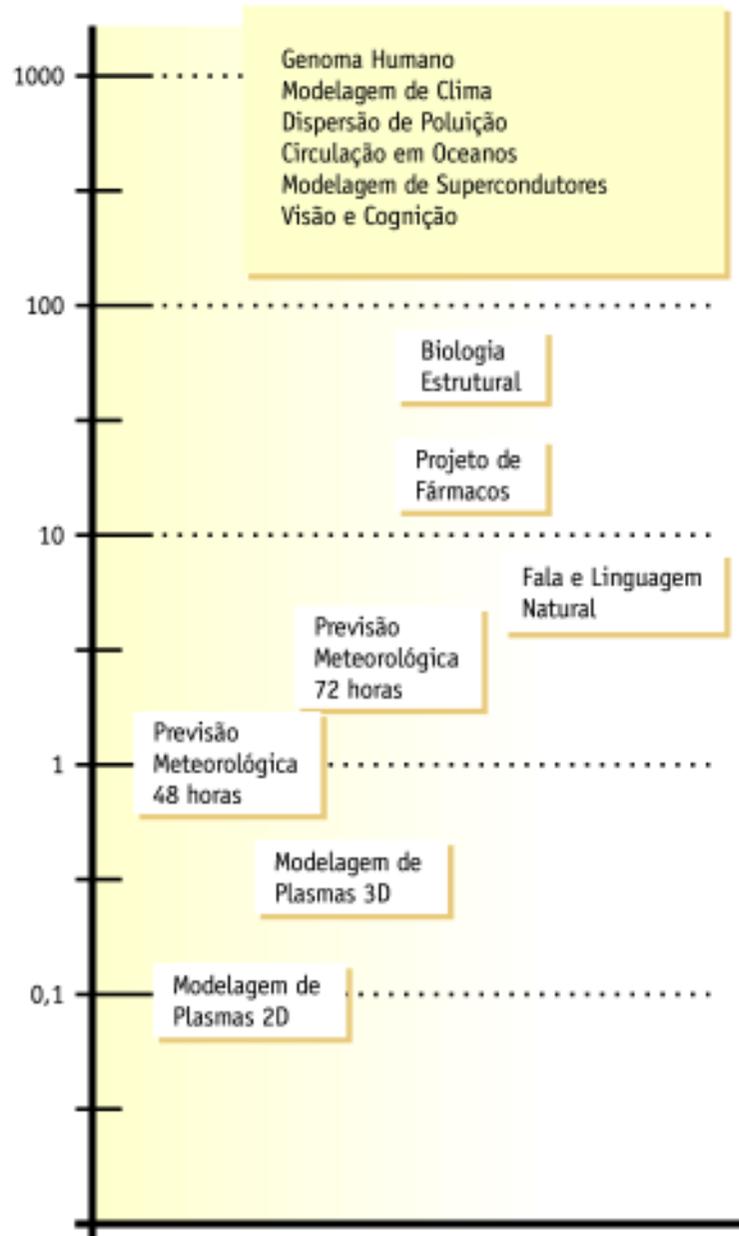


Gráfico 2: Requisitos de Processamento de Alto Desempenho para Grandes Desafios em P&D (Em 10^9 Operações/Seg = gigaflop)



Fonte: Adaptado do Office of Science and Technology Policy, 1992

nacional e internacional no desenvolvimento e uso de aplicações avançadas, como educação a distância, vídeo interativo e bibliotecas digitais, entre outras.

O MCT e a RNP planeja o novo ciclo de redes avançadas que empregará tecnologia óptica e protocolos IP em capacidade da ordem de *Gigabits*/segundo para atender a pesquisa e ao desenvolvimento de aplicações intensivas em processamento e manipulação de dados, como grades de processamento distribuído para suporte a aplicações interativas. A experimentação de novos protocolos e serviços permitirá o desenvolvi-

mento da comunidade de ensino superior e pesquisa, setor público e privado e a capacitação de novos recursos humanos em tecnologias-chave para o País.

A evolução da pesquisa e desenvolvimento no Brasil em áreas fortemente demandantes de processamento de alto desempenho como genoma, modelagem de clima, dispersão de poluição, previsão meteorológica, entre outras, está associada à capacidade de renovação da infra-estrutura de redes para P&D que permita o acompanhamento dos ciclos tecnológicos associados à Internet.

Quadro 10 O Programa Sociedade da Informação

Instituído pelo de Decreto Presidencial 3.294 de 15 de dezembro de 1999, o Programa Sociedade da Informação tem por objetivo integrar, coordenar e fomentar ações para a utilização de tecnologias de informação e comunicação, de forma a contribuir para a inclusão social de todos os brasileiros na nova sociedade e, ao mesmo tempo, para que a economia do País tenha condições de competir no mercado global. Considerado como Programa Estratégico do Governo Federal, sua execução pressupõe o compartilhamento de responsabilidades entre os segmentos de governo, iniciativa privada e sociedade civil, inclusive no estabelecimento de diretrizes para esforços de desenvolvimento científico e tecnológico em tecnologias da informação e comunicação. A proposta apresentada à sociedade brasileira contempla o seguinte conjunto de linhas de ação:

- mercado, trabalho e oportunidades – promoção da competitividade das empresas nacionais, inclusive das pequenas e médias empresas, apoio à implantação de comércio eletrônico e oferta de novas formas de trabalho, por meio do uso intensivo das TICs;
- universalização de serviços para a cidadania – promoção da universalização do acesso à Internet, buscando soluções alternativas com base em novos dispositivos e meios de comunicação, modelos de acesso compartilhado e projetos voltados à valorização da cidadania e à promoção da coesão social por meio da inclusão digital;
- educação na sociedade da informação – apoio aos esquemas de aprendizado, de educação continuada e à distância, baseados na Internet e em redes; capacitação de professores, auto-aprendizado em tecnologia da informação e comunicação – inclusive revisão curricular –, visando ao

uso de tais tecnologias em todos os níveis de educação formal;

- conteúdos e identidade cultural – promoção da geração de conteúdos e aplicações que enfatizem a identidade cultural brasileira em sua diversidade, a presença da língua portuguesa na internet e a preservação artística, cultural e histórica através da digitalização de acervos;
- governo ao alcance de todos – promoção da informatização da administração pública e do uso de padrões em seus sistemas aplicativos, fomento a aplicações em serviços de governo voltados à disseminação ampla de informações de interesse do cidadão;
- P&D, tecnologias-chave e aplicações – identificação de tecnologias estratégicas para o desenvolvimento industrial e econômico e promoção de projetos de pesquisa e desenvolvimento junto a empresas e universidades, desenvolvimento de protótipos de aplicações estratégicas, formação maciça de profissionais, inclusive pesquisadores, em todos os aspectos das tecnologias da informação e comunicação;
- infra-estrutura avançada e novos serviços – implantação de infra-estrutura básica nacional de informações, integrando as diversas estruturas especializadas de redes – governo, setor privado e de pesquisa; fomento à implantação de redes de processamento de alto desempenho e à experimentação de novos protocolos de serviços genéricos; transferência de tecnologias de redes do setor de pesquisa para outras redes e fomento à integração operacional das mesmas; adoção de políticas e mecanismos de segurança e privacidade.

• **O Programa Sociedade da Informação**

O Programa Sociedade da Informação cria as condições básicas para impulsionar a pesquisa, bem como assegurar à economia brasileira condições de competir no mercado global, tendo como foco a inclusão do cidadão e o engajamento da sociedade no mercado das tecnologias da informação.

O Programa conta com recursos do Tesouro Nacional e, igualmente, com uma parte significativa de recursos provenientes do setor privado por meio de incentivos associados à Lei da Informática e ao Fundo Setorial de Informática.

O *Livro Verde da Sociedade da Informação no Brasil*, lançado em setembro de 2000, constitui uma proposta inicial de discussão sobre caminhos a serem seguidos pela sociedade brasileira e é objeto de debate em consultas públicas em todo o País. O resultado desse processo deverá definir um conjunto de diretrizes estratégicas para a inserção do Brasil nesta nova sociedade. Dentre as principais propostas, destacam-se as seguintes: i) nova rede para P&D, com a inclusão progressiva de serviços de internet de nova geração (ou Internet 2, como é mais conhecida); ii) fomento ao comércio eletrônico em bancas de jornal, casas lotéricas e outros pontos de fácil acesso ao cidadão; iii) interconexão à Internet de todas as bibliotecas públicas do País; iv) geração de conteúdos de importância cultural para o País; v) consórcios de P&D em tecnologias-chave; vi) fomento à produção de *hardware* e *software* para acesso amplo à Internet com o menor custo.

Telecomunicações

Na década de sessenta, as comunicações eram consideradas estratégicas para o desenvolvimento e a



Quadro 11 Comunicações Ópticas no Brasil

O aumento contínuo da velocidade dos sistemas de transmissão de informações e telecomunicações deve-se ao uso da luz em sistemas de comunicações. Só com o uso de comunicações ópticas (baseadas em luz) é possível atingir hoje velocidades de transmissão de centenas de *gigabits* por segundo. Isto se tornou possível a partir da descoberta de fibras ópticas com baixas perdas de luz, ocorrida nos anos setenta. O Brasil entrou cedo nesta atividade, com a instalação do Projeto de Pesquisa em Sistemas de Comunicação por Laser no Instituto de Física da Unicamp em 1973, financiado pela Telebrás.

Em 1977, foram fabricadas as primeiras fibras ópticas nos laboratórios do Instituto de Física Gleb Wataghin. Em 1978, a tecnologia começou a ser transferida para o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás, o CPqD, em Campinas. Este processo ilustra uma característica fundamental da transferência de tecnologia entre organizações – o sucesso do projeto se deveu à transferência de cientistas da Unicamp para o CPqD.

Em 1983, a tecnologia foi transferida do CPqD para a empresa ABC Xtal, localizada também em Campinas (vizinha do CPqD). Novamente a transferência de cérebros foi fundamental, com a migração

de cientistas do CPqD (muitos vindos da Unicamp) e da Unicamp para a ABCXtal.

A Xtal Fibras Ópticas, (comprada recentemente pela Fiber Core. EUA), agora denominada Xtal Fibercore Brasil, é hoje o maior fabricante de fibras ópticas no Brasil, produzindo anualmente mais de 1,1 milhão de quilômetros de fibras ópticas – 35% das fibras comercializadas no País. O faturamento anual da empresa é superior a US\$45 milhões, e 20% de sua produção são destinados à exportação.

O programa de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para fabricação de fibras ópticas do Instituto de Física da Unicamp, do CPqD e da Abc Xtal tem todos os elementos essenciais do desenvolvimento tecnológico: a universidade, gerando conhecimento fundamental competitivo internacionalmente e formando recursos humanos; o centro de pesquisas ligado à empresa, desenvolvendo a tecnologia; a empresa prosseguindo continuamente no desenvolvimento da tecnologia, empregando para isto os cientistas e engenheiros formados na universidade. Trata-se, sem dúvida, de um excelente exemplo de programa de P&D bem sucedido no País.

integração da Nação. Como consequência, as duas décadas seguintes assistiram à notável expansão dos serviços de telecomunicações, a par da qualidade crescente na instalação e operação dos mesmos. A implantação de infra-estrutura física, em particular, mereceu atenção e cuidados que viriam a destacar a Telebrás dentre empresas similares em outros países em desenvolvimento.

Na década de noventa, o Governo Federal propôs nova diretriz, que seria sancionada pela Lei Geral de Telecomunicações (LGT), de 1997, preconizando a privatização do Sistema Telebrás, a concepção de um regime de duopólio para todos os serviços durante um período de transição até 2002, e livre competição a partir de 2003. Para exercer a regulamentação e fiscalização, bem como implementar políticas do setor, foi criada a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel).

No contexto anterior à privatização, a formulação e execução da política tecnológica para o setor estava alicerçada no poder de compra do Sistema Telebrás e na capacidade de geração de tecnologias do CPqD em parceria com o setor privado nacional. As tecnologias geradas pelo CPqD foram amplamente apropriadas pela indústria local, nacional e estrangeira.

Em paralelo, houve o apoio por parte das agências governamentais (Finep, CNPq, Capes e o próprio Ministério das Telecomunicações, por intermédio do CPqD) à formação de recursos humanos e de pesquisa na área, em uma dezena de centros de excelência. Essa mão-de-obra altamente qualificada permitiu a rápida expansão do sistema e vem gerando empresas baseadas no conhecimento desenvolvido nesses centros que ocupam nichos de mercado em redes, equipamentos e sistemas de gerência de redes e serviços para telecomunicações. Com a abertura do setor de telecomunicações, acompanhada por uma

Quadro 12

Novos paradigmas em telecomunicações - a Agenda de P&D do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CPqD), no início do século XXI

Os programas de P&D que o CPqD propõe para os próximos anos têm como contexto um cenário de emergência dos novos paradigmas: amplo uso da tecnologia digital e surgimento de um ambiente de competição no setor. A consequência deste cenário é que a geração de tecnologia não é pautada apenas pela sua própria dinâmica, isto é, pelo processo interno de pesquisa, desenvolvimento e engenharia, mas deve atender também às necessidades distintas dos vários atores envolvidos: usuários, provedores de rede e de serviços básicos, provedores de serviços de valor adicionado, provedores de conteúdo, fornecedores de equipamentos e de serviços e o governo, que desempenha muitos papéis, como os de regulador setorial, promotor de geração tecnológica e defensor dos interesses maiores da sociedade.

A proposta do CPqD leva em conta também a própria história de suas áreas de competência, o seu porte institucional e a diversidade de alternativas tecnológicas, característica do paradigma atual. Em tais circunstâncias, os grandes temas condutores da proposta de P&D são:

- **Convergência e Mobilidade** – Este tema sintetiza as grandes marcas do paradigma que têm origem no domínio clássico das telecomunicações, principalmente as redes capazes de suportar serviços de meios ou conteúdos variados e as tecnologias sem fio que liberam o usuário da necessidade de um terminal fixo. Incluem-se neste tema projetos ligados às tecnologias de meios fixos, móveis e à área de serviços e aplicações, esta última tipicamente interdisciplinar.
- **Interação Eletrônica** – Este tema abrange as áreas de P&D originadas da Informática ou TI e que hoje têm como maior desafio tornar mais cômoda e segura a interação mediada eletronicamente, entre pessoas, entre pessoas e sistemas ou entre sistemas. Compreende projetos envolvendo tanto as tecnologias de sistemas propriamente ditas, como a questão da segurança das transações e suas aplicações, outra área de natureza multidisciplinar.

pulverização das compras de equipamento, sistemas e *software* para gerência de redes e serviços pelas diversas operadoras, houve expressivo aumento nas importações e perda de competitividade das empresas de capital nacional, uma vez que várias operadoras passaram a comprar de seus fornecedores de equipamentos e sistemas no país de origem. Por conseguinte, várias empresas locais de capital nacional foram vendidas a empresas estrangeiras que entraram no mercado, outras se transferiram para novas áreas

ou simplesmente desapareceram.

O setor de equipamentos de comunicação é o mais dinâmico do segmento de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Entre as aplicações de telecomunicações mais promissoras nessa área, estão tecnologias e aplicativos para telecomunicações sem fio de terceira geração (3G), sistemas de comunicação baseados em fibras ópticas de alta capacidade – tais como comunicação óptica que deverá ampliar a capacidade atual de transmissão em 10 mil vezes –, sistemas geográficos de informação e navegação, que incluirão sistemas de apoio, localização, comunicação e informação de veículos e pessoas.

A convergência da telefonia celular com o comércio eletrônico, o chamado "comércio móvel", que deverá começar a se concretizar ao longo dessa década, é uma das importantes áreas de oportunidade para o desenvolvimento de P&D em telecomunicações. Estas incluem estudos das necessidades e preferências dos usuários, desenvolvimento de equipamentos que respondam a suas necessidades e gostos, além do desenvolvimento de soluções de conteúdo viáveis para distribuição em sistemas móveis sem fio. Em 2005, o Brasil deverá contar com 27 milhões de usuários acessando serviços de internet móvel.

• Uso da Tecnologia Digital em Telecomunicações

O paradigma atual do setor de telecomunicações consagra o uso amplo da tecnologia digital. Não se trata mais de introduzir uma nova base tecnológica, mas de fazer melhor uso dela. O conceito de convergência procura sintetizar este novo estágio em que as plataformas de rede podem suportar diferentes meios para veicular a informação. Telecomunicações, tecnologia da informação e também radiodifusão são todos seg-

Quadro 13

Cartão telefônico indutivo

Para substituir a obsoleta planta de telefones públicos a ficha, o CPqD desenvolveu um sistema de telefonia pública utilizando tecnologia totalmente nacional e pioneira no mundo: a tecnologia de leitoras e cartões indutivos. O sistema foi lançado oficialmente em 1992 e atualmente a rede de telefones públicos com a tecnologia indutiva continua em plena expansão pelo território nacional. Em 1999, após a privatização do Sistema Telebrás, a Anatel, agência reguladora dos serviços de telecomunicações no Brasil, considerou o uso da tecnologia indutiva obrigatório em todos os telefones públicos brasileiros.

Devido à sua versatilidade e baixo custo, cartões e leitoras indutivas podem ser utilizados em diversas aplicações. Cada cartão pode conter até 100 unidades de crédito, equivalentes a 100 ligações locais de dois minutos de duração. As características básicas do Cartão Indutivo desenvolvido pelo CPqD são:

- baixo custo de produção - viabilizando a produção de cartões com poucas unidades de crédito, essenciais para a população de baixa renda;
- alta imunidade a fraudes - processo de fabricação complexo, viável apenas em larga escala, dificultando fraudes domésticas. Cartões falsificados são reconhecidos pela leitora indutiva;
- fino e flexível - apenas 0,4mm de espessura;
- imune a fatores externos - O cartão não é afetado pela presença de campos eletromagnéticos dispersos, poeira, umidade, calor, maresia, raios ultravioleta e raios-X;
- descartável - não pode ser regravado. O material é reciclável;
- facilidade de uso - não exige posição específica para ser inserido na leitora;
- simplicidade - não necessita de contato mecânico entre a leitora e o cartão ou de movimentação interna para a operação de leitura;
- comodidade - estão disponíveis atualmente cartões com 90, 75, 50, 35 e 20 unidades de crédito.

mentos de atividade econômica que se valem dos mesmos fundamentos tecnológicos. A internet serve como símbolo deste ciclo. As transformações foram ainda mais longe e removeram não só as barreiras dos meios de expressão, mas também as restrições de posições fixas dos terminais. Como já mencionado, a telefonia e a comunicação móvel de dados são exemplos do uso amplo da digitalização.

Neste novo paradigma, a tecnologia é posta continuamente a serviço de novas formas de interação,

mediadas por sistemas eletrônicos. A introdução de inovações no setor de telecomunicações continua seguindo o seu curso, condicionada não apenas pelo processo endógeno de P&D e de engenharia, mas também por uma significativa transformação institucional, caracterizada pela quebra de monopólio e pela introdução da competição e da progressiva ampliação dos serviços de telecomunicações.

• A inovação em serviços

A questão da inovação em serviços, isto é, do uso adequado da tecnologia, capaz de transformar recursos técnicos de Telecomunicações e Tecnologia de Informação (T&TI) (*hardware* e *software*) em riqueza econômica e benefício social, deve ser estudada em maior profundidade. Hoje, o entendimento no setor é que o mero transporte de *bits* está se tornando uma *commodity*, exigindo dos atores na cadeia de valor da comunicação novos posicionamentos e composição de tecnologias já existentes e inovadoras para a agregação de valor aos serviços.

Neste contexto, é importante ressaltar que, em uma sociedade da informação, a importância econômica do conhecimento não se traduz apenas no desenvolvimento de produtos ou de tecnologia *per se*, sejam eles de *hardware* ou de *software*. Um ponto fundamental para alavancar o progresso na direção de uma sociedade baseada em oportunidades equitativas de acesso à informação e à construção de redes de conhecimento reside na inovação em serviços. Apesar de sua nítida importância, esta área costumava ser subestimada, e, mesmo hoje, a dinâmica deste processo não é suficientemente compreendida. O provimento de serviços baseados em T&TI necessita de um tripé formado pela infraestrutura de redes e plataformas, pelos procedimentos e rotinas característicos do serviço propriamente dito

e pela dimensão relacional intrínseca que existe entre o usuário e o serviço. Percebida dessa forma, as atividades de pesquisa e desenvolvimento deverão transcender as divisões tradicionais em especialidades acadêmicas, tornando-se, cada vez mais, interdisciplinares e incorporando, desde o início, abordagens sociotécnicas. O uso adequado da tecnologia adequada talvez represente o maior desafio para que as políticas públicas em Ciência e Tecnologia proporcionem um benefício claro a todos os setores da sociedade.

Biotechnologia

O termo biotecnologia refere-se a um conjunto amplo de tecnologias habilitadoras e potencializadoras, envolvendo a utilização, a alteração controlada e a otimização de organismos vivos ou suas partes, células e moléculas para a geração de produtos, processos e serviços. A biotecnologia e suas novas ferramentas de manipulação e transferência gênica abrem novas perspectivas de potencialização dos métodos tradicionais de melhoramento genético e exploração da biodiversidade e variabilidade genética. Isto permite o rápido e preciso desenvolvimento de plantas e animais melhorados, de medicamentos e outros aplicativos, com grande diversidade de atributos, com rapidez e escala nunca imaginadas. Os resultados de seu desenvolvimento são utilizados por diversos setores, como saúde, agroindústria e meio ambiente, e envolvem áreas do conhecimento como biologia molecular, genética, fisiologia, microbiologia, química, engenharia de alimentos, entre outras. Considerando sua abrangência, a biotecnologia permeia inúmeros segmentos industriais, utilizando técnicas inovadoras e promovendo revoluções no tratamento de doenças, no uso de novos medicamentos para aplicação humana e animal, na multiplicação e

reprodução de espécies vegetais e animais, no desenvolvimento e melhoria de alimentos, na utilização sustentável da biodiversidade, na recuperação e tratamento de resíduos, entre outras áreas com potencial crescente de aplicação.

Um grande número de nações considera que, no século XXI, o domínio da biotecnologia terá papel relevante na determinação da competitividade, desenvolvimento econômico e qualidade de vida, levando-as a apoiar, com alta prioridade, investimentos estratégicos nessa área. Exemplo mais marcante é o da rede americana de pesquisa biotecnológica, que vem priorizando diversos ramos estratégicos da biologia avançada, como o conjunto de programas do Projeto Genoma Humano – o mais extenso e o que recebe o maior volume de verbas públicas –, sendo fortemente centrado no setor de pesquisas em ciências biomédicas. No grupo das pesquisas microbiológicas, há esforços para determinar as bases genéticas dos efeitos patogênicos de microorganismos e as formas de interação ambiental destes seres. Outro grupo compõe as pesquisas na agricultura, que visam produzir novos cultivares e raças de animais, entender e bloquear ações adversas originárias do ambiente ou de parasitas sobre processos de produção agropecuária e florestal.

O Brasil está acompanhando esta evolução, com o seqüenciamento de genes aplicado à saúde e agricultura, a exemplo do estudo da *Xylella fastidiosa*, coordenado pela Fapesp; do projeto Genoma Brasileiro, destinado a sequenciar a bactéria *Chromobacterium violaceum*; e da implantação de redes regionais de pesquisa em genômica, com o apoio do MCT e das Fundações Estaduais de Amparo a Pesquisa. O Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos do MCT busca elevar o nível de competitividade científica e tec-

nológica do País a patamares equiparáveis aos de países desenvolvidos. Ele busca acelerar os mecanismos de transferência ao setor produtor de bens e serviços dos conhecimentos e tecnologias gerados com vistas à inovação e à melhoria de produtos, processos e serviços biotecnológicos de interesse social e econômico.

O cenário para a biotecnologia no Brasil é promissor, e o progresso nesta área pode ser acelerado, se houver esforços conjugados entre o governo, a comunidade científica e a empresarial no desenvolvimento de projetos conjuntos, na formação de parcerias produtivas, na criação de ambiente favorável a novos investimentos e no desenvolvimento ou adaptação de tecnologias com o objetivo de ampliar a competitividade e dinamizar o mercado de produtos biotecnológicos.

O mercado brasileiro de biotecnologia, abrangendo os vários setores econômicos e todas as categorias de produtos biotecnológicos, movimentou no ano de 2000 cifras da ordem de US\$500 milhões, e conta com a participação de cerca de 120 empresas de base biotecnológica, a maioria ligada às universidades.

Diversos condicionantes podem limitar a aplicação da biotecnologia nos países em desenvolvimento, especialmente a escassez de recursos financeiros, a falta de informação, a infra-estrutura de pesquisa e de serviços tecnológicos deficientes, o acesso limitado à tecnologia, seus possíveis efeitos na biodiversidade e no meio ambiente, suas implicações na segurança alimentar e em fatores socioeconômicos. No entanto, é em países em desenvolvimento que esta tecnologia pode ter maior impacto, especialmente do ponto de vista de segurança alimentar e nutricional e da qualidade ambiental.

O documento do MCT sobre a definição de diretrizes para biotecnologia e recursos genéticos, preparado pela equipe do Ministério e discutido com diversos especialistas, aponta sete ações estratégicas para o País nos próximos dez anos. São elas:

• **Formação e capacitação de Recursos Humanos para Biotecnologia**

Há hoje no Brasil cerca de 1.700 grupos de pesquisa atuando nas diversas áreas do conhecimento relacionadas à biotecnologia, localizados, principalmente, nas universidades e instituições públicas (Diretório de Grupos de Pesquisa IV – CNPq). Estes grupos integram mais de 6.700 pesquisadores, além de mais de 16 mil estudantes e estagiários, distribuídos por cerca de 3.800 linhas de pesquisas e concentrados, em sua maioria, na região Sudeste do País.

Com relação às empresas de base biotecnológica, não existem dados estatísticos exatos, mas sabe-se que é pequeno o número de pesquisadores e de técnicos especializados, nelas exercendo atividades de P&D. Estima-se que cerca de 30% das empresas de base biotecnológica existentes no País apresentem os requisitos fundamentais para desenvolver atividades de P&D.

Considerando o caráter multidisciplinar da biotecnologia, esta ação deverá estruturar-se para atender a demandas diversificadas, induzindo a formação de recursos humanos em diversas áreas do conhecimento nas diferentes modalidades, incluindo o apoio à pós-graduação, os estágios de curta e média duração para o aprendizado de técnicas biotecnológicas e o intercâmbio nacional e internacional de pesquisadores.

• **Expansão da base do conhecimento**

Na área de ciências da vida, que engloba a maioria das subáreas do conhecimento relacionadas à biotec-

Quadro 14

Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio

A Lei de Biossegurança foi promulgada no ano de 1995 e estabeleceu as diretrizes para o controle das atividades e produtos originados pela moderna biotecnologia, conhecida como tecnologia do DNA recombinante. A CTNBio, vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, é composta por trinta e seis membros entre titulares e suplentes: oito especialistas de notório saber científico e técnico, em exercício no segmento de biotecnologia; um representante de cada um dos seguintes ministérios – Ciência e Tecnologia, Saúde, Meio Ambiente, Educação, Relações Exteriores –, dois representantes do Ministério da Agricultura; um representante de órgão legalmente constituído da defesa do consumidor; um representante de associações legalmente constituídas, representativas do setor empresarial de biotecnologia e um representante de órgão legalmente constituído de proteção à saúde do trabalhador.

Entre as competências da CTNBio está emitir parecer técnico sobre qualquer liberação de Organismo Geneticamente Modificado (OGM) no meio ambiente e acompanhar o desenvolvimento e o progresso técnico e científico na biossegurança e áreas afins, objetivando a segurança dos consumidores e da população em geral, com permanente cuidado à proteção do meio ambiente. Desta forma a CTNBio se pronuncia sobre qualquer atividade com OGMs no país, previamente a sua realização.

A Lei de Biossegurança estabelece ainda que compete aos órgãos apropriados do Ministério da Saúde, do Ministério da Agricultura e

do Ministério do Meio Ambiente a fiscalização e monitorização das atividades com OGMs, no âmbito de suas competências, bem como a emissão de registro de produtos contendo OGMs ou derivados, a serem comercializados ou a serem liberados no meio ambiente.

Desta forma, além do controle habitual que sofrem os produtos produzidos por outras tecnologias, os produtos geneticamente modificados ("transgênicos") estarão sujeitos a um controle adicional feito pela CTNBio, sob o aspecto biossegurança. Esses procedimentos garantirão que, ao serem colocados no mercado esses produtos, tenham as mesmas características de segurança, inocuidade e eficácia exigidas também para os produtos convencionais.

Atualmente o Brasil se destaca no cenário internacional pelo extremo rigor com que tem conduzido as pesquisas neste setor. Entre as linhas de pesquisa desenvolvidas no País estão o estudo experimental de variedades de vegetais geneticamente modificadas, avaliação de risco de organismos geneticamente modificados nos setores ambiental e saúde humana, participando em diversos programas internacionais, relacionados à questão de biossegurança.

O Brasil estará propondo brevemente uma política nacional de biossegurança e o estabelecimento de um código de ética em manipulações genéticas, o que envolverá ampla discussão com os diversos segmentos da sociedades interessados na matéria.

nologia, o volume de publicações brasileiras em revistas indexadas, de 1981 a 1996, corresponde a mais de 41 mil artigos, sendo maior que o total das publicações feitas pelos demais países do continente sul-americano no mesmo período. Entretanto, mesmo considerando este número expressivo, ainda é necessário expandir a base do conhecimento da biotecnologia para responder às necessidades do País e melhorar o desempenho do segmento em questão.

Outras áreas científicas têm contribuído para avanços significativos na biotecnologia, entre eles novos métodos de estudo da nanociência e nanotecnologia, além da engenharia tecidual e biomimética. Na área de terapêutica, por exemplo, são relevantes as tecnologias de microencapsulação de drogas para obter carreadores de fármacos, que, controlando a libera-

ção da substância ativa em dose e tempo otimizados, aumentam a eficácia do medicamento e reduzem seus efeitos colaterais.

• Suporte ao desenvolvimento da biotecnologia

Para assegurar o desenvolvimento do setor biotecnológico nacional, é imprescindível a implementação de uma ação específica para dar o suporte funcional aos vários setores da biotecnologia de diferentes níveis de complexidade e para disponibilizar os recursos primários e os instrumentos necessários ao desenvolvimento da pesquisa e da indústria de base biotecnológica.

Neste sentido, deve-se fortalecer a infra-estrutura nacional de pesquisas e serviços por meio da criação de centros de referência em bioinformática e de um la-

boratório nacional de biologia molecular, do fortalecimento e ampliação das coleções de cultura de microorganismos e de células e tecidos humanos e animais, do apoio aos bancos de germoplasma e de todas as complexas atividades relacionadas a biossegurança.

O desenvolvimento de organismos modificados geneticamente está impondo à sociedade e às instituições que os desenvolvem a necessidade de contar com um processo de avaliação da segurança desses produtos. Em 1995, a Lei de Biossegurança estabeleceu diretrizes para o uso de técnicas de engenharia genética e a liberação no meio ambiente de Organismos Geneticamente Modificados (OGMs). Foi criada também a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), vinculada à Secretaria Executiva do MCT e responsável por estabelecer normas e regulamentos relativos aos projetos e atividades que envolvam OGMs.

É necessário continuar as pesquisas destinadas a fundamentar os processos de avaliação de riscos e todos os aspectos relativos a biossegurança, bem como desenvolver capacitação técnica nacional para realizar todos os testes que respondam às exigências de segurança dos consumidores.

• Estímulo à formação de empresas de base biotecnológica e à transferência de tecnologias para empresas consolidadas

O objetivo primordial desta ação é acelerar a expansão da base biotecnológica do País por meio do fortalecimento das pesquisas em tecnologias avançadas e da criação de novas empresas de pequeno e médio porte, propiciando-lhes apoio técnico-científico, recursos e ambiente favorável às fases iniciais de organização, produção e habilitação para o mercado.

• Biotecnologia para o uso sustentável da biodiversidade

Os impactos provocados pelo desenvolvimento tecnológico e industrial e pela expansão das fronteiras agrícolas, o uso irrestrito de pesticidas, a devastação das florestas, o aumento do número das espécies em extinção, as denúncias de biopirataria e os riscos inerentes à transgênese, entre outros, passam a compor os temas de debate entre países e organizações não-governamentais, influenciando o processo decisório na busca de dispositivos e mecanismos para evitar o desequilíbrio ecológico.

Quadro 15
Vitória da biotecnologia

Vitória é o primeiro animal brasileiro resultante da tecnologia da transferência nuclear, ou clonagem. É uma bezerra da raça Simental que nasceu no dia 17 de março de 2001, no campo experimental Sucupira “Assis Roberto de Bem”, pertencente à Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Vitória é, literalmente, uma vitória das pesquisas em reprodução animal do Brasil e da Embrapa, que tiveram início em 1984, com o objetivo de viabilizar o Banco Brasileiro de Germoplasma Animal. Foi utilizada a técnica de Transferência de Embriões (TE), que permite a uma só doadora, geneticamente superior, gerar até doze bezerros por ano. Os benefícios econômicos do domínio desta técnica são imensos, pois permitirão a aceleração do processo de melhoria genética do rebanho bovino brasileiro.



• **Cooperação internacional**

Na área de biotecnologia, exemplos expressivos de cooperação podem ser citados, como o Centro Brasileiro-Argentino de Biotecnologia, em funcionamento há mais de treze anos, promovendo inúmeros cursos de curta duração além de projetos conjuntos; a cooperação com a Alemanha, por meio de programas específicos como o *Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF-biotecnologia)*; com a França, por meio da cooperação como o *Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM)* e CYRAD; e ainda o Labex/Embrapa que vem funcionando em estreita cooperação com o ARS/USDA.

• **Prospecção, monitoramento e estudos em biotecnologia**

O avanço tecnológico e a dinâmica do processo de globalização têm acarretado uma série de mudanças nas relações entre países, envolvendo novos interesses comerciais e disputas por novas tecnologias. Diante deste cenário, os estudos prospectivos constituem mecanismos eficazes para a análise das tendências, permitindo indicar possíveis desenvolvimentos de novas tecnologias de pesquisa e de produção, bem como de seus desdobramentos em termos de impactos mercadológicos e dos riscos que lhes são inerentes.

Tecnologia espacial

As atividades espaciais no Brasil justificam-se por três razões: sua importância estratégica, seu elevado conteúdo tecnológico e seu caráter multidisciplinar, envolvendo alguns dos segmentos mais avançados da engenharia, assim como e pelo potencial das aplicações de tecnologias espaciais na solução de problemas associados às características geográficas e econômicas brasileiras. Estas incluem as dimensões continentais do País, suas extensas fronteiras e zona costeira, as amplas

regiões de floresta tropical e as grandes áreas de difícil acesso e de baixa densidade populacional, além de vastos recursos naturais insuficientemente mapeados e monitorados.

O Brasil possui extensa infra-estrutura espacial que, além de centros de lançamento, inclui instalações de integração e testes de foguetes e satélites, centros de missão e de controle de satélites, estações de solo, observatórios e laboratórios de pesquisa. Essa infra-estrutura deverá ser mantida, modernizada e ampliada, para atender às necessidades de um programa nacional.

Os setores aeronáutico e espacial brasileiros são um dos melhores exemplos no País de uma política de longo prazo: criação de uma escola (Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA) e logo de institutos de P&D dentro de um mesmo centro (Centro Tecnológico Aeronáutico, hoje Aeroespacial - CTA) ou na mesma região (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE), de laboratórios em seqüência ao desenvolvimento de competências locais e, finalmente, a criação de empresas, das quais a Embraer é a maior.

O Programa Espacial Brasileiro, cujos primórdios datam do início dos anos sessenta, depende quase que exclusivamente de verbas do orçamento público federal, característica comum aos programas espaciais em todo o mundo. Os recursos públicos federais sofreram reduções sucessivas a partir de meados da década de oitenta, impondo ao Programa atrasos e alterações de rota.

A criação em 1994 de uma agência federal de caráter civil, a Agência Espacial Brasileira (AEB), a aprovação no mesmo ano da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) e a promulgação de um Plano Nacional de Atividades

Quadro 16

O Plano Nacional de Atividades Espaciais - PNAE e seus atores principais: AEB, INPE E DEPED

PNAE E SEUS ATORES PRINCIPAIS: AEB, INPE E DEPED

O Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), multissetorial e de longo prazo, objetiva capacitar o País para desenvolver e utilizar tecnologias espaciais na solução de problemas nacionais e em benefício da sociedade brasileira.

Em sua concepção atual, o PNAE é definido para um horizonte decenal em documento aprovado em 1996 e atualizado periodicamente pela Agência Espacial Brasileira (AEB). Contudo, muitas das atividades centrais do Programa iniciaram-se efetivamente em 1980, com a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Projeto desafiador e de longo prazo, a MECB, reconhecendo como necessário dotar o Brasil de meios próprios de acesso ao espaço, fixou como objetivos desenvolver quatro pequenos satélites de aplicações, um veículo lançador de satélites e uma base de lançamentos, promovendo, no processo, a capacitação da indústria brasileira no setor e a qualificação de equipes técnicas especializadas.

As ações do PNAE balizam-se por objetivos e diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), documento aprovado por decreto de 1994. Sua execução dá-se no âmbito do Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Sindae), no qual a AEB atua como elemento de coordenação central e onde o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (Deped) do Comando da Aeronáutica atuam como órgãos setoriais.

Cabe à AEB, autarquia vinculada ao MCT, como órgão central do

Sindae, dentre outras atribuições: i) coordenar a formulação de propostas de revisão da PNDAE e de atualização do PNAE, bem como executar e fazer executar as ações do programa; ii) promover a cooperação internacional no âmbito das atividades espaciais, em articulação com o Ministério das Relações Exteriores e a estrutura central do MCT; iii) promover a regulamentação do setor, estabelecendo normas, expedindo licenças e autorizações, bem como aplicando padrões de qualidade aos produtos espaciais.

A AEB inclui em sua estrutura um Conselho Superior, de caráter deliberativo, do qual participam representantes de ministérios setoriais com interesses nas atividades espaciais, além dos ministérios da área econômica, bem como representantes da comunidade científica e do setor industrial, todos nomeados diretamente pelo presidente da República

O INPE, órgão do MCT, é responsável por projetos de desenvolvimento de satélites e tecnologias associadas, bem como por pesquisa e desenvolvimento no campo das ciências e das aplicações espaciais - onde se destacam as áreas de observação da terra, coleta de dados ambientais e meteorologia por satélites.

O Deped, vinculado ao Comando de Aeronáutica do Ministério da Defesa, incumbem-se do desenvolvimento de lançadores de satélites e de foguetes de sondagem, por meio do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), órgão do Centro Técnico Aeroespacial (CTA). O Deped é também responsável pela implantação e operação do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e pela operação do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI).

Espaciais (PNAE), de alcance decenal, geraram a expectativa de que as atividades do Programa retomariam níveis de execução adequados. O orçamento para o PNAE praticamente dobrou de 2000 para 2001, e o Fundo Espacial, recentemente aprovado por iniciativa do Ministério, já consegue atrair os primeiros recursos adicionais, provenientes da privatização de posições orbitais destinadas a satélites de comunicações.

As aplicações espaciais priorizadas no PNAE estão diretamente relacionadas à solução de problemas nacionais nos campos de observação da terra (agricul-

tura, meio ambiente, recursos naturais e organização territorial), meteorologia, oceanografia, comunicações, geodésia e navegação. A Amazônia tem tido e continuará a merecer tratamento prioritário, devendo-se destacar iniciativas visando estimar as taxas de desmatamento da região, detectar queimadas via satélite e contribuir para o projeto de Zoneamento Econômico Ecológico por meio de sensoriamento remoto. O desenvolvimento de ferramentas de processamento de imagens e de sistemas de informações geo-referenciadas constitui também importante linha de atuação deste subprograma. Outro projeto interessante de aplicação espacial é a im-

2 O SSR é um satélite de sensoriamento remoto nacional de características inovadoras, concebido especialmente para o monitoramento de florestas tropicais, e deverá operar em órbita equatorial.

plantação e operação da rede de plataformas de coleta de dados ambientais, que já inclui cerca de 400 unidades, distribuídas por todo o território nacional e alguns países vizinhos, contribuindo diretamente para a melhoria das operações do sistema hidrelétrico e dos sistemas de previsão do tempo e do clima.

Os esforços nacionais de capacitação em projeto, desenvolvimento e fabricação de satélites iniciaram-se em 1980, tendo por resultado, dois pequenos satélites de coleta de dados, o SCD-1 e SCD-2, lançados com grande êxito em 1993 e 1998, respectivamente. Ambos permanecem operacionais – um feito notável, considerando-se que o SCD-1 foi projetado para uma vida útil de um ano. Em continuidade a esses projetos, encontram-se em fase inicial de desenvolvimento um pequeno satélite de sensoriamento remoto, SSR², e um terceiro satélite de coleta de dados, SCD-3, con-

cebido também para executar outras aplicações específicas de comunicações em órbita baixa. Em 1988, o Brasil e a China iniciaram o desenvolvimento conjunto de dois satélites de sensoriamento remoto (*China-Brazil Earth Resources Satellite – CBERS*).

Desde o início dos anos setenta, o Brasil vem realizando um esforço de longo prazo para capacitação em veículos lançadores de satélites (VLS), tendo como resultado o desenvolvimento de uma bem sucedida família de foguetes de sondagem, denominada Sonda.

A tecnologia desenvolvida para os foguetes de sondagem serviu de base para o subprograma de lançadores de satélites. O VLS-1, primeiro veículo lançador de satélites brasileiro, encontra-se em fase de qualificação. Utilizando apenas combustível sólido, destina-se à colocação de satélites de até 300kg em

Quadro 17

Programa China-Brasil de Desenvolvimento de Satélites (CBERS)

O CBERS (*Chinese-Brazilian Earth Resources Satellite*) é uma associação do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), pelo lado brasileiro, com a CAST (*Chinese Academy of Space Technology*), pelo lado chinês, que objetiva o desenvolvimento de um sistema completo de sensoriamento remoto competitivo e compatível com os padrões mundiais. Incluem-se, em seus objetivos, a concepção, produção e operação de dois satélites de observação da Terra, seus respectivos lançadores e uma estação de controle de solo em cada país participante.

O programa de cooperação teve início em 1988, com a assinatura de um acordo de cooperação tecnológica entre os dois países, e deve concluir-se em 2002 com a colocação em órbita do segundo satélite a partir do lançador chinês "Longa Marcha". O primeiro grande marco do programa foi alcançado com o lançamento do CBERS 1 pelo foguete chinês Longa Marcha, em outubro de 1999. O satélite funciona hoje em regime operacional. O segundo satélite, CBERS-2, encontra-se em fase final de integração e testes no Laboratório de Integração e Testes (LIT) do INPE.

Esses satélites têm como principais funções inventariar e monitorar os recursos terrestres da China e do Brasil nas áreas de agricultura, cartografia, controle de desmatamento, geologia, hidrografia, meio

ambiente e meteorologia, contribuindo para o gerenciamento e preservação efetivos dos mesmos. Trata-se, assim, de um programa civil que visa dotar o Brasil de autonomia tecnológica para o gerenciamento de seus recursos terrestres. Na consecução deste objetivo, o programa fomentou a produção industrial nacional da área espacial e capacitou o INPE para a concepção, montagem, lançamento e operação de satélites de sensoriamento remoto de grande porte.

O custo total da parte brasileira do programa é estimado em aproximadamente US\$ 100 milhões, distribuídos em 27% para despesas no âmbito do Instituto, 39% para contratos com a indústria nacional, 1% para contratos de P&D com instituições de ensino e pesquisa nacionais e 33% em aquisições e contratos no exterior. O CBERS teve papel decisivo para capacitar tecnologicamente os fornecedores nacionais. Participaram do programa 24 fornecedores, dos quais 21 nacionais.

Em função do êxito obtido com a construção dos dois primeiros satélites, os governos da China e do Brasil decidiram dar continuidade ao programa de cooperação entre os dois países. Para a nova fase, programa-se a construção de mais dois satélites, os CBERS 3 e 4, estando previsto o aumento da participação brasileira para 50% do custo do projeto.

órbita baixa. Testado em vôo em duas oportunidades em que se verificaram falhas, tem mais dois lançamentos de qualificação programados até 2003, estando prevista a participação mais intensa da indústria nacional nesta fase final do projeto.

O desenvolvimento de lançadores terá continuidade com o projeto de veículo capaz de colocar, em órbita baixa, satélites com massa em torno de 600kg, ocupando nicho com reais possibilidades de mercado. Este veículo utilizará, provavelmente, um motor a combustível líquido, devendo ser objeto de cooperação internacional.

O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) está sendo implantado desde 1984 e encontra-se atualmente preparado para lançar foguetes de sondagem e veículos lançadores de satélites de pequeno porte. A posição geográfica do CLA – localizado muito próximo à linha do equador, em uma península na costa do Maranhão – aumenta as condições de segurança e permite economia de combustível, tornando-o atraente para o lançamento de satélites estrangeiros em bases comerciais, um mercado novo e bastante promissor.

Em que pesem os resultados positivos, deve-se notar que na década de noventa o INPE e os programas de veículos lançadores sofreram um processo de perda de recursos humanos qualificados e de desatualiza-

ção dos laboratórios e parques tecnológicos. Isto aconteceu em parte pelas condições de financiamento já mencionadas. A reversão deste processo já foi iniciada pelas várias iniciativas aqui citadas, que deveriam constituir-se em prioridades para o futuro próximo.

• Ações em CT&I na área espacial

É possível identificar um conjunto de ações em CT&I para o fortalecer o desenvolvimento tecnológico e a capacidade de aprendizagem para inovação no setor aeroespacial: i) concentração dos esforços governamentais em programas de longo prazo de desenvolvimento tecnológico nacional; ii) expansão, manutenção e adequação da infra-estrutura necessária para o setor; iii) apoio e fomento das atividades tecnológicas que privilegiem ou produzam condições de isonomia competitiva às fornecedoras nacionais frente aos seus concorrentes estrangeiros, inclusive em programas de normalização e certificação; iv) incentivo à participação empresarial no financiamento de sistemas espaciais destinados à prestação de serviços em bases comerciais; v) utilização da política de compra governamental por meio de programas cooperativos e transitórios, estimulando a formalização das interações de aprendizado e eficiência coletiva entre os agentes; vi) promoção do adensamento da rede local através do fortalecimento das relações de cooperação tecnológica, extraindo vanta-

Tabela 2: Participação Econômica do Setor Aeroespacial

	1996	1997	2000	2002
PIB Industrial (US\$ bilhões)	317	277,7	321,4	362
Faturamento Setor Aeroespacial (US\$ bilhões)	0,6	1,2	3,2	4,2
Participação do Setor no PIB Ind. (%)	0,22	0,44	1,00	1,16
Exportação (US\$ bilhões)	0,2	0,7	2,8	3,1
Nível de Emprego	6.500	8.000	14.000	20.000

Nota: Projeções simuladas com base nas informações fornecidas pelo IBGE, IPEA, AIAB e Embraer.

gens logísticas do efeito de aglomeração espacial; vii) estímulo às atividades de pesquisa e desenvolvimento mediante a constituição de laboratórios em empresas que disponham de capacidade inovadora bem como do incentivo à utilização compartilhada, por tais empresas, das infra-estruturas laboratoriais das instituições governamentais; viii) fomento de centros, instituições e escolas técnicas de formação profissional, especialização técnica e de nível superior; ix) promoção da modernização do arcabouço institucional e revitalização das instituições governamentais do setor, particularmente o INPE, o CTA, o CLA e o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno – CLBI; x) promoção de projetos de cooperação no âmbito da ciência, das aplicações e da engenharia, bem como da tecnologia de sistemas espaciais, privilegiando parcerias com países em estágio de desenvolvimento semelhante ao do Brasil, nas quais as relações de troca possam ser equilibradas e mutuamente benéficas; xi) promoção da constituição e consolidação de núcleos universitários atuantes no desenvolvimento e na utilização da ciência e das tecnologias espaciais.

Tecnologia aeronáutica

O desenvolvimento da indústria aeronáutica no Brasil, de forma articulada, como já referido, começa na década de quarenta, com a criação do Centro de Tecnologia Aeronáutica (1945) e do seu primeiro instituto, o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), que contou na sua origem com a cooperação de professores do *Massachusetts Institute of Technology (MIT - EUA)*. Em 1971, foi criado o INPE, e dois anos após deu-se a fundação da Embraer. Talvez este seja um caso exemplar e pioneiro de política de desenvolvimento de um Sistema Local de Inovação ou até mesmo de um "cluster construído" por políticas públicas articuladas.

Este Pólo de Desenvolvimento de Pesquisa e Tecnologia gerou resultados extremamente positivos. Em 1994, quando a Embraer foi privatizada, já havia produzido mais de 2.500 aeronaves e faturado mais de US\$10 bilhões. Ela é hoje a quarta maior empresa do mundo no setor aeronáutico e o maior exportador individual do País.

Em 2000, o Setor Aeroespacial Brasileiro foi responsável pelo faturamento de US\$3,2 bilhões, sendo 74% desse total gerados no mercado externo, e pelo emprego de cerca de 20 mil trabalhadores, dos quais 14 mil em empregos diretos. Os gastos médios anuais em P&D do setor nos últimos cinco anos giram em torno de 8% do faturamento das empresas, bastante superior à média nacional da indústria de transformação.

Em 1999, foram investidos pela Embraer US\$83 milhões em P&D. Neste mesmo período, cerca de 1.000 pessoas se dedicavam a atividades de P&D. A empresa é o principal exemplo do potencial econômico da tecnologia aeronáutica. As vendas de 480 unidades de cada tipo de aeronave ERJ-145 e ERJ-135 gerará um valor de aproximadamente US\$13 bilhões e milhares de postos de trabalho.

A vinda de fornecedores da empresa para o Brasil, o aumento da produção nacional de componentes importantes dos aviões produzidos pela empresa, inclusive no setor de aviônica, e a continuação do esforço de P&D em redes cooperativas com universidades e centros de pesquisa completam o quadro positivo da evolução da indústria aeronáutica brasileira.

Tecnologia nuclear

A manutenção de uma capacidade científica e tecnológica própria na área nuclear é crítica para o desen-

volvimento de competências na fronteira da utilização da energia nuclear para geração de eletricidade, assim como para a identificação de novas oportunidades tecnológicas e novas demandas de aplicação nuclear na medicina, agricultura, recursos hídricos, monitoração do meio ambiente, processos industriais e em novos materiais. Assim, diretrizes para os diferentes campos devem ser estabelecidas, incluindo aquelas referentes à formação, capacitação e aperfeiçoamento dos recursos humanos necessários ao completo desenvolvimento do setor, o que obrigatoriamente inclui a segurança das atividades, a proteção da população, dos trabalhadores e do meio ambiente, e têm como premissas básicas a transparência e garantia do uso pacífico da energia nuclear.

Quadro 18 **Aplicações de larga escala de técnicas nucleares no Brasil**

Dentre as aplicações de larga escala de técnicas nucleares no Brasil, a mais visível é a medicina nuclear para diagnóstico e terapia de diversas doenças, cujo número de procedimentos médicos realizados em 2.000 foi da ordem de 1,7 milhões e que cresce anualmente a uma taxa de 12 a 15%. No segmento industrial de irradiação, há no País 6 irradiadores gama comerciais de grande porte e vários outros de pequeno porte que são utilizados para a esterilização de produtos médico-cirúrgicos e tecidos humanos e também para a melhoria de qualidade sanitária de produtos fitoterápicos, especiarias, frutas e alguns ingredientes alimentícios. Os aceleradores industriais de elétrons são usados, principalmente, para melhorar as propriedades de materiais poliméricos particularmente os isolantes de fios e cabos e componentes de pneus. Outra aplicação bastante difundida é a gamagrafia, aplicada por mais de 20 empresas prestadoras de serviços utilizando-a nos ensaios não destrutivos, principalmente, na indústria petrolífera e química. No campo dos recursos hídricos, estas técnicas avaliam o movimento das águas subterrâneas e o potencial dos aquíferos para o abastecimento da população. Na produção do petróleo são empregadas para otimizar a exploração dos campos petrolíferos. Os reatores nucleares de pesquisa e aceleradores de partículas possibilitam a produção de radioisótopos e a irradiação de amostras que viabilizam inúmeras técnicas nucleares. A técnica de análise por ativação possui grande seletividade, sensibilidade e exatidão, tornando-a muitas vezes única em aplicações nas áreas da saúde, meio ambiente e estudos de materiais.

• **Energia nuclear**

O desafio energético será responsável por mudanças consideráveis no desenvolvimento global no futuro próximo e por novas fontes de energia ou pela utilização otimizada, segura e ambientalmente aceitável das atuais, o que demandará esforços da Ciência e Tecnologia para satisfazer os requisitos da sociedade. Os combustíveis fósseis (óleo, carvão e gás) continuarão sendo utilizados de forma intensiva, e as energias renováveis, tais como a hidroeletricidade e a biomassa, prevalecerão como fontes de energia elétrica não-fóssil. A energia nuclear, via fissão térmica, ocupa um espaço considerável na matriz energética mundial (17%). Atualmente, existem 438 reatores nucleares em operação e 31 em construção. Em países como a França, Bélgica, Ucrânia e Lituânia, a geração núcleo elétrica é a predominante (acima de 70%), e países como o Japão, China, Coreia e Índia possuem programas nucleares de grande porte para o curto, médio e longo prazos. Os EUA, que possuem o maior parque nuclear mundial (104 reatores, 97.411 MWe), onde não se instalavam novos reatores desde fins da década de setenta, estão revertendo sua posição e manifestaram internacionalmente a decisão da retomada da construção de novas centrais nucleares, bem como dos programas de P&D visando à geração futura de reatores nucleares (*Nuclear Energy Research Initiative - NERI, Generation IV* etc). A maior ou menor participação de cada uma dessas fontes de energia estará condicionada ao seu desempenho ambiental, principalmente à emissão de gases causadores do efeito estufa, notadamente CO₂, à aceitação pública e à competitividade e aos riscos financeiros. Além da geração de eletricidade, a tecnologia nuclear apresenta um diversificado e importante papel nas áreas da saúde, indústria, engenharia e meio ambiente.

O Brasil possui duas usinas nucleares em operação: Angra I e Angra II, responsáveis pelo fornecimento de aproximadamente 1960MWe de eletricidade ao sistema interligado da região Sudeste. Estas usinas são operadas pela Eletronuclear, que atualmente investe na melhoria do desempenho operacional de Angra I (626MWe) através de um programa de gestão de envelhecimento. Aguarda autorização a construção de uma terceira, Angra III, para a qual já foram adquiridos 70% dos equipamentos, realizado 95% do projeto e também parte dos trabalhos de infra-estrutura. A viabilização da construção de Angra III consolidará a implantação da indústria nuclear no Brasil. Para atender à demanda de combustível a longo prazo, o País já é detentor da sexta reserva mundial de urânio, embora a maior parte de seu território não tenha sido prospectada. Atualmente o País continua contratando, no exterior, os serviços de conversão, por conveniência econômica, e os de enriquecimento de urânio, até que fiquem prontas as instalações industriais de ultracentrifugação, ora em construção em Resende. Em um horizonte de médio e longo prazos, o Brasil tem especial interesse nos temas relacionados aos reatores e ciclos de combustível de quarta geração, com instalações de concepção intrinsecamente segura, que minimizam a produção de rejeitos, aumentam a eficiência do combustível e permitem a utilização do tório.

Além de fonte de eletricidade, a energia nuclear tem diferentes aplicações na agricultura, medicina e indústria. A exigência de esterilização de certos produtos comercializados no mercado mundial tende a crescer e tornar-se obrigatória. Da mesma forma, a aceitação de produtos de uso hospitalar esterilizados por irradiação já é amplamente difundida e aceita pela sociedade, o que ainda não ocorre com a aplicação desta mesma metodologia de esterilização para produtos alimentícios. Novos desenvolvimentos

ocorridos na área médica são baseados em aplicações de tecnologia e energia nuclear, ampliando o campo e possibilidades de utilização.

• Ciclo do combustível nuclear no Brasil

Graças, em grande parte, a um intenso esforço de desenvolvimento tecnológico próprio, coordenado pela Marinha do Brasil (Copesp – Coordenadoria de Projetos Especiais), o País domina hoje etapas sofisticadas do ciclo de combustível nuclear, em particular, o processo de enriquecimento isotópico de urânio por ultracentrifugação. Isto torna o Brasil potencialmente independente da tecnologia de outras nações em todo o ciclo do combustível, sendo um exemplo notável da capacidade nacional de dominar tecnologias estratégicas para o futuro do País.

As Indústrias Nucleares Brasileiras (INB) detêm a tecnologia e completaram as instalações para todas as etapas industriais economicamente significativas e necessárias para a produção do combustível para as centrais nucleares, desde a reconversão do hexafluoreto de urânio, a fabricação de pastilhas de combustível, a fabricação dos componentes e a montagem do elemento combustível. O enriquecimento isotópico de urânio, empregando a tecnologia brasileira de ultracentrifugação, teve implantação em escala industrial iniciada em 2001, e seu primeiro módulo deverá começar a operar nos próximos anos. Considerando-se o preço por tonelada de urânio contido, o valor comercial do combustível, na sua forma final, é cerca de trinta vezes maior que o do minério. Hoje a maior parte desta agregação de valor é feita na INB, pois a parcela nacional responde por, aproximadamente, 60% do valor final do produto. Com a implantação da unidade industrial de enriquecimento isotópico, cuja capacidade prevista alcança 50% das necessidades atuais, a parcela nacional

passará a ser de 78% no combustível de Angra I e Angra II. Em termos de produção, as instalações atuais têm capacidade para suprir o dobro das necessidades requeridas pelas usinas atuais.

• **Pesquisa em energia nuclear**

A pesquisa e desenvolvimento da tecnologia e aplicações nucleares é realizada, principalmente, nos institutos da CNEN, que foram recentemente incorporados ao MCT, complementando assim a base de infra-estrutura de pesquisa avançada e estratégica para o País. Existem, ainda, alguns programas específicos que são realizados no Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTM-SP). Igualmente, o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da USP, localizado em Piracicaba, dedica-se à pesquisa de aplicações nucleares na agricultura. Uma expansão da competência nuclear no País, entretanto, exigirá o maior envolvimento de universidades e centros de pesquisa, nos programas de interesse estratégico que venham a ser formulados.

Uma discussão das diretrizes estratégicas para o setor deveria contemplar, entre outras questões, a geração núcleo-elétrica; conservação e expansão do parque gerador no País e disposição dos rejeitos radioativos; a revisão da legislação referente aos minérios radioativos; domínio do Ciclo do Combustível, tendo como prioridade de curto prazo a concretização da usina de enriquecimento de urânio (Marinha – INB).

No campo das aplicações das técnicas nucleares, dever-se-ia: i) assegurar a disseminação e ampliação do uso de todas as técnicas já dominadas pelo País; ii) manter o contínuo aperfeiçoamento dos segmentos em que já se alcançou o patamar dos países mais avançados; iii) acelerar o desenvolvimento daquelas aplicações já identificadas como de alto valor agregado e que ainda

não são dominadas; iv) manter um processo contínuo de prospecção e contato com os centros mais avançados, visando identificar a direção de novos rumos das pesquisas de maior potencial para aplicação no Brasil.